Au nord du 60e

Étude environnementale nº 3

Informations sur la reconstitution de la flore dans les régions minières du Nord canadien

Étude environnementale nº 3

Informations sur la reconstitution de la flore dans les régions minières du Nord canadien

Everett B. Peterson et N. Merle Peterson
Western Ecological Services Limited

Publié avec l'autorisation de
l'hon. J. Hugh Faulkner, ministre des
Affaires indiennes et du Nord,
Ottawa, 1977.
QS-8144-000-FF-A1

©Ministère des Approvisionnements et
Services Canada 1977.
Nº de catalogue R71-19/3 - 1977F
ISBN 0-662-01037-X

Le présent rapport a été préparé en vertu d'un contrat avec la Division de l'environnement de la Direction de la protection de l'environnement et des ressources renouvelables dans le Nord du ministère des Affaires indiennes et du Nord. Les opinions, conclusions et recommandations contenues dans ce rapport sont celles de l'auteur et ne représentent pas nécessairement le point de vue du Ministère.

INFORMATIONS SUR LA
LA RECONSTITUTION DE LA FLORE
DANS LES RÉGIONS MINIÈRES DU
NORD CANADIEN

TABLE DES MATIÈRES

INFORMATIONS SUR LA RECONSTITUTION DE LA FLORE DANS LES RÉGIONS MINIÈRES DU NORD CANADIEN : SÉLECTION D'OUVRAGES
par N. Merle Peterson..... *i*

INTRODUCTION..... *i*

COMMENT UTILISER CETTE BIBLIOGRAPHIE..... *i*

ÉTENDUE ET PRÉSENTATION DES COMMENTAIRES..... *iv*

ORIGINE DES RÉFÉRENCES..... *vii*

REMERCIEMENTS..... *ix*

COMMENT CONSIDÉRER LA QUESTION DE LA RECONSTITUTION DE LA FLORE DES CHANTIERS MINIERS DANS LE NORD CANADIEN
par Everett B. Peterson..... *x*

BUT DE CE RESUMÉ..... *x*

QU'EST-CE QUE LA RECONSTITUTION ASSISTÉE DE LA FLORE?. *xi*

LA RECONSTITUTION DE LA FLORE DANS LE NORD..... *xii*

PETITE BIBLIOTHÈQUE PRATIQUE POUR LE RESPONSABLE DE LA RECONSTITUTION DE LA FLORE..... *xiv*

LA RECONSTITUTION ASSISTÉE DE LA FLORE EST-ELLE UN OBJECTIF VALABLE POUR TOUS LES TERRAINS PERTURBÉS DES SITES MINIERS DU NORD?..... *xvii*

OBJECTIFS ET STRATÉGIES APPLICABLES À LA RECONSTITUTION DE LA FLORE DANS LES RÉGIONS NORDIQUES..... *xviii*

LES SOLS PERTURBÉS ET LEUR PRÉPARATION AVANT L'IMPLANTATION DE LA COUVERTURE VÉGÉTALE..... *xx*

PROBLÈMES SPÉCIFIQUES AUX RÉSIDUS MINIERS..... *xxiii*

LE CHOIX DU MATERIEL VEGETAL..... *xxiv*

OU TROUVER LES SEMENCES ET LES SOUCHES A PLANTER?..... *xxvi*

QUAND Y A-T-IL LIEU D'APPLIQUER DES ENGRAIS?..... *xxvi*

RESUME ET RECOMMANDATIONS.....*xxvii*

BIBLIOGRAPHIE COMMENTEE PAR *N. Merle Peterson*..... 1

INDEX DES SUJETS..... 484

INDEX D'APPLICABILITÉ AUX RÉGIONS NORDIQUES..... 493

INFORMATIONS SUR LA RECONSTITUTION DE LA FLORE DANS LES RÉGIONS MINIÈRES DU NORD CANADIEN: SÉLECTION D'OUVRAGES

par *N. Merle Peterson*

INTRODUCTION

La présente bibliographie commentée rassemble une grande partie de l'information publiée sur les techniques de reconstitution de la végétation, applicables à la régénération des sols perturbés par l'exploitation minière dans le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest. Cet ouvrage constitue la source de référence du compte rendu plus court, intitulé *"Comment considérer la question de la reconstitution de la flore des chantiers miniers dans le Nord Canadien"* de E.B. Peterson, se trouvant en pages *x-xxvii*. Cet article est destiné aux responsables de l'aménagement des ressources ou aux directeurs de mines qui doivent prendre des décisions relatives à la mise en oeuvre d'une politique de reconstitution assistée de la flore, là où les sols ont été perturbés par l'exploitation minière dans le Nord canadien. A l'opposé, la présente bibliographie détaillée est destinée à ceux qui doivent appliquer la politique choisie de régénération de la flore sur un sol altéré. Grâce à son double index placé à la fin, ce livre apporte un nombre considérable de suggestions sur la conduite à tenir pour permettre et réaliser la reconstitution de la flore, indiquant comment et quand y procéder. Il s'adresse à quiconque est responsable de la reconstitution assistée de la végétation des sols perturbés dans le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest.

COMMENT UTILISER CETTE BIBLOGRAPHIE

Même le spécialiste le plus passionné de la reconstitution de la flore ne pourrait se lancer dans la lecture continue, du début à la fin, de ce livre. Ce n'est d'ailleurs pas ce à quoi est destinée cette bibliographie dont l'intérêt repose sur un système de classement et sur deux index auxquels le lecteur est invité à se référer pour trouver l'information qu'il désire.

Le premier index (pages 484 à 490) est un classement des sujets par matière d'information contenue dans les titres commentés. L'organisation de cet index n'est pas alphabé-

tique : elle suit approximativement la chronologie des étapes qu'il faudrait parcourir pendant la réalisation d'un programme de reconstitution assistée de la flore. Il s'agirait au départ de savoir si la reconstitution de la flore est une opération valable pour la région considérée. Au cours des autres étapes, il faudrait s'efforcer de bien comprendre les objectifs à atteindre en reconstituant la flore, de même que les facteurs qui limitent cette régénération et de connaître la documentation relative aux succès et aux échecs rencontrés par la reconstitution de la végétation sur des sols altérés par l'industrie. En partant de ce principe, la personne responsable de la régénération des sols pourra procéder à la sélection des essences, des méthodes et des délais des étapes fixées pour la reconstitution de la végétation. A la fin de cet index chronologique, l'index des sujets par matière comprend aux pages 488 et 489 quelques indications complémentaires tels que les coûts de la reconstitution de la flore, les interactions entre les animaux et la flore reconstituée, la reconstitution non assistée sur des sols altérés, l'échelle de durée qui a servi à reconstituer la végétation et, en dernier lieu, les recherches nécessaires.

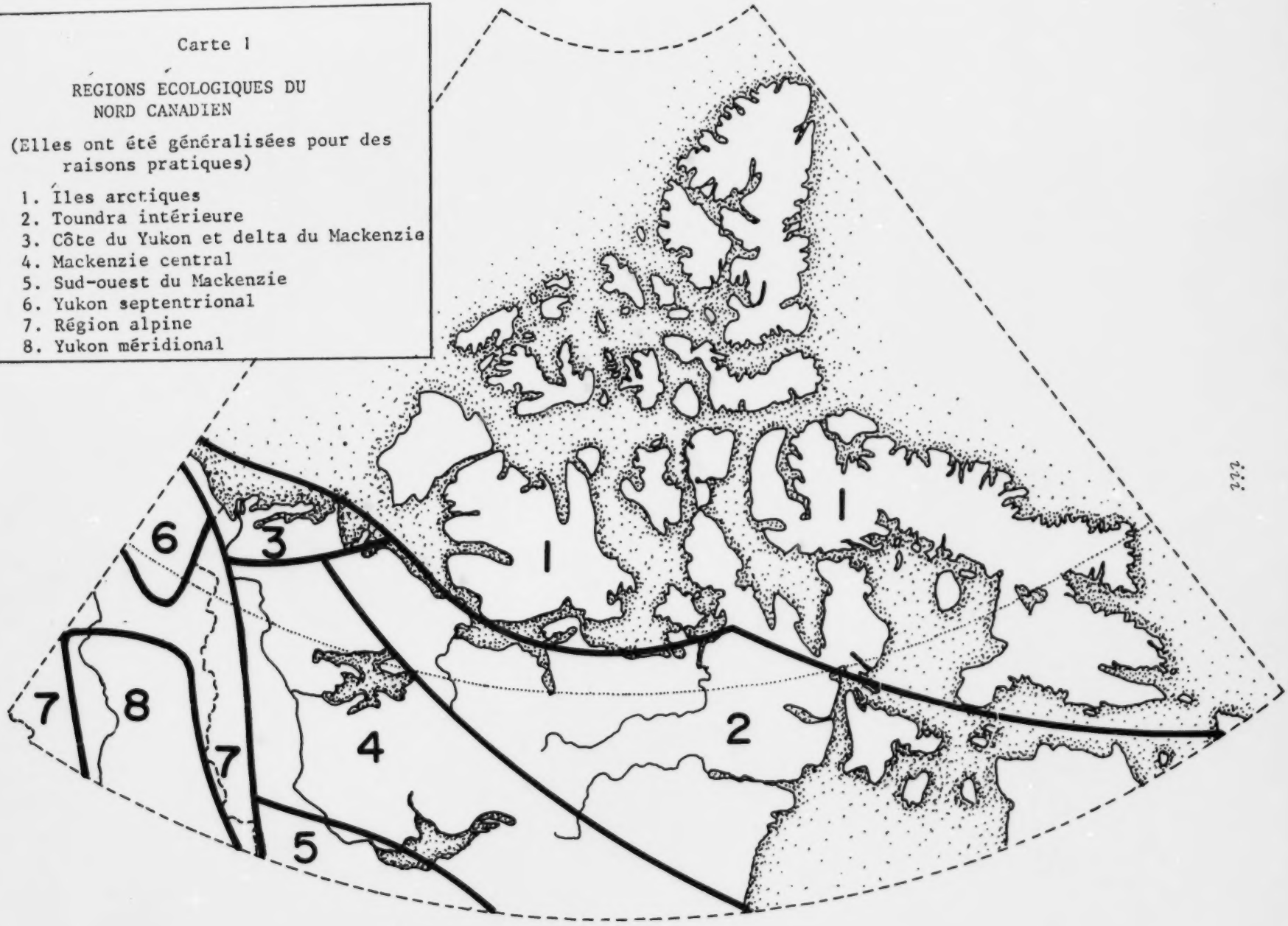
Le deuxième index traite des régions septentrionales perturbées susceptibles de bénéficier des connaissances actuelles sur la reconstitution de la végétation; ce n'est pas un index des régions nordiques qui ont été la source d'information sur la reconstitution de la végétation. Dans cet index, les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon ont été divisés en huit régions écologiques différentes tel qu'indiqué sur la carte 1 de ce document. Les huit régions écologiques délimitées sur la carte 1 correcpondent aux définitions fournies dans *Land Use Handbook, Guidelines to Assist in the Application of the Territorial Land Use Regulations*, Bureau des Affaires indiennes et du Nord, auxquelles ont été apportées les trois modifications suivantes : (1) on n'a pas fait de différence entre les régions sédimentaires et les régions du Précambrien dans l'archipel arctique canadien de telle sorte que cet archipel constitue une seule région (région 1); (2) la région du continent boréal, dans le District de Mackenzie, a été divisée pour former une région séparée appelée "Sud-ouest Mackenzie" (région 5) qui se situe au sud de la zone affectée par le pergélisol et (3) le Yukon Nord (région 6) et le Yukon Sud (région 8) ont été différenciés l'un de l'autre et des sections boréales du District de Mackenzie (région 4). A chacune de ces huit régions, correspondent trois grands types d'altérations relatifs à l'exploitation minière (morts-terrains de recouvrement, routes et résidus). Afin de simplifier cet index, les routes comprennent toutes les perturbations du sol qui n'ont cause qu'une altération de surface au niveau du drainage, de la végétation, des composants organiques et des minéraux du sol; c'est le cas,

Carte 1

REGIONS ECOLOGIQUES DU
NORD CANADIEN

(Elles ont été généralisées pour des raisons pratiques)

1. Îles arctiques
2. Toundra intérieure
3. Côte du Yukon et delta du Mackenzie
4. Mackenzie central
5. Sud-ouest du Mackenzie
6. Yukon septentrional
7. Région alpine
8. Yukon méridional



par exemple, des opérations de carottage pour prise d'échantillons ou des implantations d'usines. Le terme mort-terrain de recouvrement concerne les perturbations plus importantes dans le cadre des sols minéraux et peut inclure les roches de rejet, les résidus aux niveau des galeries d'accès, les terrils, les entassements de résidus de même que les matériaux provenant de creusement de tranchées d'exploration.

Cet index des méthodes applicables aux régions nordiques indique les pages qui contiennent les références les plus utiles aux personnes concernées par certains aspects de la reconstitution de la végétation sur un sol perturbé (mort-terrain ou route ou résidus) dans une région spécifique du Yukon ou des Territoires du Nord-Ouest. Si nous prenons, à titre d'exemple, le cas d'une personne concernée par la reconstitution de la flore sur des morts-terrains dans les Iles Arctiques, elle pourra trouver des informations et des idées intéressantes dans diverses pages de cette bibliographie mais les références les plus importantes qui devront être consultées en tout premier lieu seront celles indiquées pour les morts-terrains dans la région des Iles Arctiques (pages 10, 12, 18, 20, 259). Il convient de faire remarquer, pour cet exemple, que les références énumérées ne constituent pas nécessairement une description de la reconstitution de la flore des morts-terrains dans les Iles Arctiques; elles ne sont en fait que les sources d'information que nous avons jugées les plus utiles et les plus applicables aux problèmes de la reconstitution de la végétation des surfaces recourvertes de morts-terrains dans cette région en particulier.

ÉTENDUE ET PRÉSENTATION DES COMMENTAIRES

SOURCES GÉOGRAPHIQUES DES RÉFÉRENCES

Il existe très peu de publications de comptes rendus sur la reconstitution assistée ou non de la végétation dans les régions minières du Yukon ou des Territoires du Nord-Ouest. C'est pourquoi la recherche a principalement porté sur les article de reconstitution de la flore concernant d'autres régions, insistant en particulier sur ceux propres à l'Alaska, à l'Alberta et à la Colombie-Britannique. La sélection des références pouvant convenir aux sites miniers du nord, ainsi que la sélection des données les plus intéressantes à partir des références choisies se sont appuyées sur les critères suivants :

- les comptes rendus sur la reconstitution de la flore provenant de régions dont l'écologie est similaire à celle de régions du Yukon et des

Territoires du Nord-Ouest ont fait l'objet de commentaires des points de vue physique et botanique;

- les comptes rendus sur la reconstitution de la flore provenant de régions dont l'écologie est différente de celle des régions ou parties du Yukon ou des Territoires du Nord-Ouest ont fait l'objet de commentaires portant principalement sur les aspects physiques de la récupération des sols.

Ainsi, un article sur les essences convenant à la reconstitution de la végétation de régions alpines dans le Peace River Coal Block, dans le nord-est de la Colombie Britannique, fera l'objet de commentaires extrêmement détaillés en botanique car les similitudes entre les systèmes écologiques de cette région et du Yukon sont très grandes; à l'opposé, un article sur les essences végétales convenant à la reconstitution de la végétation des sites miniers de Pennsylvanie ne sera pas commenté à moins qu'il ne contienne des informations directement utilisables quant aux techniques. D'une manière générale, les références provenant du Canada méridional, des Etats-Unis ou d'Europe ont été commentées seulement si elles apportent des informations particulières sur des phénomènes physiques que l'on peut s'attendre à rencontrer dans le Yukon ou dans les Territoires du Nord-Ouest.

L'origine géographique de chaque référence est indiquée à la section 6 de la présentation de chaque commentaire, en rappelant les noms de la région politique et des zones géologiques principales (exemple : Colombie Britannique, Montagnes Rocheuses). Sur les 223 références sélectionnées du présent volume, 113 proviennent d'études menées au Canada, 87 aux Etats-Unis et 23 dans d'autres pays. L'origine géographique de ces références, par ordre décroissante est la suivante :

Alaska	56
Alberta	31
District de Mackenzie	30
Colombie-Britannique	18
Ontario	10
Yukon	8
Etats-Unis (nation entière)	7
Canada (nation entière)	6
Colorado	6
Galles	5
Angleterre	5
Monde entier	4
Pays scandinaves	4
U.R.S.S.	3
Québec	3
Montana	3

Utah	2
Washington	2
Kentucky	2
District de Keewatin	1
Idaho	1
New Jersey	1
Ohio	1
Virginie	1
Virginie Ouest	1
Dakota nord	1
Michigan	1
Pennsylvanie	1
Wisconsin	1
Eire	1
Nouvelle-Zélande	1

ÉTENDUE DU SUJET

Comme nous l'avons précédemment indiqué lors de la présentation de l'index des sujets (pages 483 et 489), les références sélectionnées concernent le domaine relativement restreint de la reconstitution de la végétation plutôt que celui plus vaste auquel viennent s'appliquer les notions de "récupération" ou de "restauration". Les différentes étapes physiques inhérentes à la récupération, comme les méthodes de manutention des matériaux pendant les périodes d'exploitation minière, ne sont pas considérées dans le présent ouvrage. On trouvera toutefois certaines références de documents traitant d'étapes physiques liées plus directement aux procédures de reconstitution de la végétation : définition de profil pour l'établissement de pentes stables ou préparation physique des sols pour semis. L'accent porte principalement sur la reconstitution de la végétation en elle-même.

Les références sélectionnées comportent aussi des exemples de reconstitution assistée de la végétation pratiquée sur d'autres types de surfaces perturbées situées dans le nord telles que les lignes de fracture sismique, les installations de forage ou les plateformes supportant de grosses conduites. Cette sélection a été faite en raison du nombre réduit des publications relatives à la reconstitution de la végétation dans les régions minières du Nord.

Dans le cas présent, le terme de reconstitution de la végétation doit être pris au sens large et comprend la reconstitution assistée aussi bien que non-assistée. Deux arguments justifient un tel choix. En premier lieu, l'incitation du retour à une communauté végétale stable et s'auto-entretenant est un objectif largement accepté pour les régions où les utilisations agricoles du sol ne constituent pas un objectif pour la reconstitution de la couverture végétale des sols. Par conséquent, une connaissance des processus mis en cause

dans la reconstitution naturelle de sols altérés peut être avantageusement utilisée pour la conception des étapes appropriées à suivre dans la reconstitution assistée de la flore, lesquelles étapes doivent, pour des raisons diverses, intervenir comme des mesures temporaires. En deuxième lieu, il faut tenir compte du fait que certaines plantes, parmi celles qui constituent la plupart des ressources végétales locales évidentes, poussent et se développent en populations sur des moraines relativement jeunes, sur des surfaces rocailleuses de montagne ou sur des substrats alluviaux grossiers. Dans la mesure aussi où les tentatives de reconstitution de la végétation sont très récentes dans le nord, il est nécessaire d'étudier attentivement les processus naturels de reconstitution de la flore sur des sols altérés dont l'âge est connu afin d'en extraire les informations écologiques relatives aux tendances à long terme. Un certain nombre de références sélectionnées traitent donc des processus de succession naturelle des plantes, car nous sommes convaincus que ces études documentées de cas sont des leçons utiles pour la mise au point ultérieure de techniques de reconstitution assistée de la végétation.

La littérature assez abondante traitant de la reconstitution de la forêt dans la taïga de l'Alaska et du Canada ne fait pas partie de la présente bibliographie, car il existe peu de similitudes écologiques entre les pertubations pédologiques provoquées par l'industrie minière et celles provoquées par l'exploitation forestière ou par les incendies.

PRÉSENTATION DES COMMENTAIRES

Les références commentées dans ce volume apparaissent dans l'ordre alphabétique de leur auteur. Chaque commentaire est présenté selon le modèle standard suivant :

1. Auteur
2. Date
3. Titre de l'ouvrage
4. Lieu de publication
5. Source du commentaire ("Original" s'il est de N.M. Peterson; "Sommaire de l'auteur", "Résumé de mémoire" ou autre annotation du même ordre si le commentaire n'est pas original)
6. Index
7. Commentaires

Nous sommes partis du principe que la plupart des utilisateurs de cette bibliographie n'ont pas la possibilité d'aller dans les bibliothèques ayant des collections étendues sur la littérature relative à la reconstitution de la végétation. C'est pourquoi les commentaires ont été rédigés avec le plus de détails possible de façon à réduire la nécessité, pour les lecteurs, d'aller consulter la publication originale. Chaque commentaire insiste surtout sur les résultats, les conclusions et les recommandations contenus dans le texte original. Dans la mesure où cette bibliographie a été préparée en fonction des gens qui la consulteront, des responsables des ressources plutôt que des scientifiques, nous avons présumé que les lecteurs n'ont pas besoin de connaître en détail les méthodes expérimentales ou les méthodes d'étude utilisées tout au long de la recherche originale.

INDEX

La section 6 de chaque référence commentée est divisée en deux parties distinctes. La partie (a) contient les indications géographiques relatives à l'endroit où l'étude a été réalisée, conformément aux explications fournies en page *v*. Ces indications géographiques n'ont pas été rassemblées dans un index à la fin du présent volume. Le lecteur ne peut donc pas se reporter à un index pour indentifier tous les titres concernant soit l'Alaska, soit l'Alberta ou le pays de Galles.

La partie (b) permet d'identifier la région du Yukon ou des Territoires du Nord-Ouest ainsi que le type de perturbation de terrain due à l'exploitation minière, auxquels l'information commentée est, semble-t-il, applicable. Des détails de cette partie sont fournis en page *ii*.

ORIGINE DES RÉFÉRENCES

Toutes les références qui ont été sélectionnées peuvent être consultées par le public dans les bibliothèques. Il existe bien aussi certaines sources connues d'information supplémentaire sur des expérience de reconstitution de la végétation dans le nord comme par exemple des comptes rendus privés de la Alyeska Pipeline Service Company; nous n'avons pas tenu compte ici de ces sources, mais les principaux résultats de ces études sont presque tous intégrés dans d'autres analyses récentes comme celle préparée par Younkin, 1976. *Preliminary pipeline revegetation specifications for the Mackenzie Valley region, N.W.T.*

Les éditions de bibliothèques consultées ont été les suivantes : Bibliothèques, Institut boréal de recherche nordique; Bibliothèque Cameron, Université de l'Alberta, Edmonton; Bibliothèque, Centre de recherche sur la forêt nordique, Edmonton; Bibliothèque, Bureau canadien pour la protection de la nature, Edmonton; Bibliothèque, Ministère de l'environnement de l'Alberta, Edmonton; Bibliothèque, Ministère de l'énergie, des mines et des ressources naturelles de l'Alberta, Edmonton; Bibliothèque, Ministère des mines et des ressources pétrolières de la Colombie Britannique, Victoria; Bibliothèque MacMillan, Faculté des forêts, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver; Bibliothèque, Centre de recherche des forêts du Pacifique, Victoria; Bibliothèque, Ministère des Affaires indiennes et du Nord, Ottawa et Yellowknife; Bibliothèque, Institut Scott des recherches polaires, Cambridge, Angleterre; et Bibliothèque, Ministère de l'environnement, Londres, Angleterre.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier spécialement la Bibliothèque de l'Institut boréal de recherche nordique pour nous avoir aidés à obtenir une vaste documentation grâce à des prêts et à des échanges entre bibliothèques.

Tous les commentaires ont été publiés par Everett B. Peterson. Nous avons vivement apprécié la sagesse de ses conseils; son assistance et ses encouragements nous ont été également des plus précieux. La réalisation du texte dactylographié définitif est due à Glenda Mersky et à Shirley Robinson. Nous leur sommes reconnaissants d'avoir accompli cette tâche considérable avec autant de soin et de célérité.

COMMENT CONSIDÉRER LA QUESTION DE LA RECONSTITUTION DE LA FLORE DES CHANTIERS MINIERS DANS LE NORD CANADIEN

par Everett B. Peterson

BUT DE CE RÉSUMÉ

Le présent résumé de 18 pages souligne les principes qui permettront d'orienter les choix : où, quand peut-on apporter son assistance pour le retour de la végétation sur des régions altérées par l'exploitation minière dans le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest et pourquoi le faire. Il s'agit donc de fournir quelques conseils aux personnes responsables de la gestion des ressources ou aux directeurs de mines qui sont chargés du choix des lignes directives qui régissent la reconstitution de la végétation sur les terrains perturbés. C'est pourquoi la discussion des thèmes d'actualité sera très brève ici. Ceux qui désireront obtenir de plus amples détails sur un sujet donné sont invités à se reporter aux différentes parties de l'index des matières (pages 483 et 484) mentionnées dans l'un ou l'autre des paragraphes. On trouvera dans les sections qui suivent certains points particuliers avec des renvois aux pages de la bibliographie commentée ci-après. Les indications des pages sont placées entre parenthèses. Certains éléments plus généraux, s'ils ne se réfèrent pas à des numéros de page, sont renvoyés à la section appropriée de l'index des matières : exemple d'annotation (Index, Sec. 6.1), pour fournir aux lecteurs plus de détails et leur permettre d'approfondir le sujet.

Le présent résumé reprend et présente les thèmes dans un ordre équivalent à celui des étapes qui doivent être suivies lors d'un programme de reconstitution de la flore, en commençant par la décision à prendre au sujet de la reconstitution assistée de la flore, à savoir si c'est là un objectif raisonnable pour les terrains perturbés en question. Toutefois, ce résumé ne constitue pas un sommaire ordonné des chapitres et des sous-chapitres qui peuvent apparaître dans l'index des matières. Il vise, en fait, à présenter à toute personne responsable de la prise des décisions les principes généraux importants. Il revient donc aux personnes responsables de la mise en oeuvre d'un programme de reconstitution de la flore d'aller puiser ce qui les intéresse dans les détails fournis dans l'index des matières et dans les 483 pages des commentaires d'ouvrages.

QU'EST-CE QUE LA RECONSTITUTION ASSISTÉE DE LA FLORE?

Ce résumé se rapporte aux deux formes, assistée et non-assistée, de la reconstitution de la flore. On entend par reconstitution assistée toute entreprise de reconstitution qui, délibérément, fait intervenir l'homme pour favoriser le retour de la végétation sur un sol altéré; à l'inverse, dans la reconstitution non-assistée, il s'agit du retour naturel des plantes sur les terrains qui ont été perturbés soit par l'intervention de l'homme soit par des causes naturelles.

Certains auteurs ont considéré la reconstitution de la végétation comme un simple moyen de former rapidement une couverture végétale pour assurer la protection contre l'érosion (69). Or, en ce qui concerne le Nord, il convient de considérer la reconstitution de la végétation comme quelque chose d'autre qu'une simple technique de lutte contre l'érosion du sol. C'est d'autant plus vrai qu'un nombre de plus en plus grand de spécialistes de la reconstitution de la flore en viennent à affirmer que le tout premier objectif de la reconstitution assistée de la végétation doit être la constitution d'une couverture végétale stable et s'auto-entretenant (458,460).

Dans le cas présent, la notion de "reconstitution de la flore" a été prise au sens large de façon à inclure le plus grand nombre d'objectifs et de procédures, mais elle a aussi été limitée en excluant les étapes physiques incluses dans la "récupération de sols" et la "restauration de sols". Diverses étapes physiques, comme la définition de profil pour l'établissement de pentes stables ou la préparation appropriée des terrains pour le semis, ont été considérées comme faisant partie des étapes de la "récupération" mais n'ont pas été intégrées dans la définition de la reconstitution assistée de la végétation. Comme cela a été dit en page *v*, certaines de ces étapes physiques, si elles sont liées de façon évidente aux procédures de reconstitution, ont été classées parmi les travaux analysés même si elles ne sont pas spécifiques à la notion de "reconstitution de la flore".

Nous insistons donc ici sur la constitution de la végétation sur des terrains qui n'avaient pas auparavant de couverture végétale. On ne peut nier en effet qu'une zone dont la végétation aura péri à cause des fumées de fonderie aura des probabilités de reconstitution de sa flore différentes de celles des terrains dont il est question ici. Tel qu'indiqué dans les pages *iv* à *vi*, les sujets traités dans les ouvrages ici commentés couvrent une gamme très étendue de perturbations naturelles ou provoquées par l'homme. C'est uniquement dans

l'*interprétation* de cette vaste connaissance qu'il a fallu se limiter rigoureusement aux problèmes de la reconstitution assistée de la végétation auxquels on peut être confronté sur des terrains altérés par l'exploitation minière dans le Yukon et les Territories du Nord-Ouest.

LA RECONSTITUTION DE LA FLORE DANS LE NORD

C'est pour des raisons administratives plutôt qu'écologiques que le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest font l'objet du présent compte rendu. Considérant les objectifs de la reconstitution de la végétation et ses chances de succès, il y a sans doute plus de différences entre les entassements stériles dans le sud du Yukon et ceux observés dans l'Ile des Petites Cornouailles qu'il n'y en a entre ceux du sud du Yukon et ceux du lac Elliot, Ontario. Il est en fait probable que le seul point commun entre les terrils du Haut Arctique et ceux du sud du Yukon soit leur absence de couverture végétale immédiatement après le dépôt des résidus. En l'absence d'une toxicité importante ou d'une sécheresse prolongée, un terril du sud du Yukon est, peut-on dire, propre à être naturellement couvert par un certain nombre de plantes locales; par contre, la probabilité de reconstitution non-assistée de la végétation sur un terril de l'Ile des Petites Cornouailles est voisine de zéro. On peut dire en définitive que la pratique d'une reconstitution assistée de la flore aura autant de chances de réussire dans le sud du Yukon qu'en Colombie-Britannique ou dans la région du lac Elliot; ce sera par contre une entreprise problématique du point de vue écologique dans le Haut Arctique.

La carte 1 fait ressortir les différentes régions écologiques du Nord canadien. Ces régions ont été définies à grands traits pour des raisons pratiques. C'est cette carte qui a servi de point de départ à l'établissement du deuxième index (pages 491 à 496) qui rassemble les informations disponibles en fonction de leur adaptation aux différentes régions écologiques du Nord. Nous avons tenu à inclure cette carte et l'index pour bien souligner le fait que le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest ne constituent pas une seule et unique région en ce qui concerne la reconstitution de la flore. Le lecteur constatera qu'un grand nombre des travaux existants sur la reconstitution de la flore ont été considérés par nous comme applicables à des terrains perturbés du sud du Yukon et du Mackenzie, lesquels terrains se trouvent au sud de la région où s'étend le pergélisol. Il existe très peu de travaux applicables sur les morts-terrains et sur les crassiers d'autres régions écologiques du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest. Cet index montre ce qu'un inspecteur sur le

terrain ou un planificateur de récupération des sols doit déjà savoir, soit, que parmi les expériences de reconstitution de la flore dans le Sud,il y en a un grand nombre que l'on peut extrapoler et appliquer dans certaines régions nordiques qui sont similaires, d'un point de vue écologique, aux régions sub-arctiques situées au sud du 60° mais qu'au contraire, il existe très peu de documents qui puissent renseigner au sujet de la reconstitution de la flore sur des morts-terrains ou des crassiers situés dans la région du pergélisol. Pour autant que les routes fassent partie intégrante des exploitations minières, elles entreront exceptionnellement dans le cadre de cette généralisation. La reconstitution de la flore sur les routes et autres endroits de moindre altération, où il existe encore une faible couche minérale en surface, peut être la source d'un assez grand nombre d'informations intéressantes; en effet, une forte proportion des travaux de reconstitution de la flore dans le Nord ont porté sur des régions beaucoup moins profondément altérées que dans le cas des morts-terrains ou des crassiers.

L'index de l'applicabilité aux régions nordiques (pages 492 à 495) est tel qu'il laisse entendre que ceux qui auront à faire face aux problèmes de la reconstitution de la flore sur des crassiers du Nord auront de multiples occasions de réaliser un travail de pionniers en raison du manque évident d'informations préalables. Par contre, ceux qui auront à entreprendre la reconstitution de la flore sur les secteurs routiers de mines bénéficieront d'une quantité considérable de travaux existants sur la reconstitution dans le Nord. Et ceux qui seront confrontés à la reconstitution de la flore des morts-terrains pourront extrapoler une grande partie des informations pour les travaux à exécuter dans les régions du sud du Yukon et du sud-ouest du Mackenzie mais en trouveront peu d'applicables aux régions situées au nord du 60°.

Les cas documentés les plus anciens de reconsitution assistée de la flore dans le nord du Canada remontent à six ans (460). Des comptes rendus plus anciens sont aussi disponibles pour des cas de reconstitution naturelle (non-assistée) de la flore de terrains perturbés (index, sec. 11.2). La plupart des informations relatives à la reconstitution avec des essences végétales locales ont été tirées de différentes études portant sur le remplacement naturel des plantes dans les régions arctiques et sub-arcicques. Une des conclusions les plus souvent mentionnées dans ces études est que le retour de la végétation est de plus en plus lent au fur et à mesure que l'on remonte vers le nord. Bien qu'on puisse obtenir une couverture végétale importante en l'espace de 1 à 10 ans dans diverses régions arctiques, les taux de remplacement décroissent nettement dans le Haut Arctique avec une croissance très faible après 10 ou 20 ans. On estime en général, en ce qui concerne la plupart des régions arctiques, que la restauration du règne

végétal original et des systèmes premiers du drainage demanderont des centaines, et qui sait, des milliers d'années pour se réaliser (206). En conclusion, la reconstitution de la végétation dans le Nord prendra beaucoup de temps et peu de moyens, s'il y en a, s'offrent à nous pour accélérer le processus.

La présence dans certaines régions de sols riches en eau glacée est une autre caractéristique nordique largement connue du public. Les objectifs de la reconstitution de la flore ont été souvent étroitement liés à la présence ou à l'absence de pergélisol, compte tenu du fait que la reconstitution de la flore permettra de remener une situation de pergélisol dans les sols altérés. Des débats de plus en plus nombreux s'élèvent sur ce point dans la mesure où plusieurs études récentes ont montré que la reconstitution de la couverture herbeuse ne peut rien contre l'érosion thermique (43, 178, 203, 458). Les sols glacés créent aussi un autre genre de problème pour la reconstitution de la flore car il est devenu évident que la réutilisation de terrains de stabilisation provoque des dommages profonds à ces terrains. Des espèces végétales qui sont adaptées aux sols humides des régions glacées paraissent ne pas supporter les altérations, tant et si bien qu'une nouvelle période de perturbations risque fort de leur nuire encore plus (313). Cette précaution concerne donc toutes les surfaces perturbées ayant des sols humides et glacés mais ne s'applique que dans une moindre mesure aux sols secs des morts-terrains et des crassiers pour lesquels la reconstitution de la végétation est envisagée. D'autres études ont montré que le dégel et les problèmes qui y sont liés sur les sols perturbés sont beaucoup moins importants dans les régions arctiques du nord que dans le Bas Arctique. Dans le Haut Arctique, la calotte de la végétation, même relativement dense, et la couche de mousse sont trop clairsemées pour influencer suffisamment la quantité d'énergie réellement absorbée par le sol (10).

PETITE BIBLIOTHÈQUE PRATIQUE POUR LE RESPONSABLE DE LA RECONSTITUTION DE LA FLORE

Le responsable de la reconstitution de la végétation peut se faire une petite bibliothèque de travail avec un certain nombre de livres d'informations du genre "Comment faire cela". Les deux ouvrages les plus utiles pour le Nord sont : *A vegetative guide for Alaska* (407), publiée par le Service de la conservation des sols, du Ministère américain de l'agriculture, et le *Alaska revegetation workshop notes* (127, 173, 237, 269, 364 et 388), publié par le Service du développement des coopératives, de l'Université de l'Alaska. En se basant sur l'index des matieres (sec. 6), on pourra déterminer l'enchaînement spécifique des étapes à suivre pour la reconsti-

tutionde la flore; les informations vont des méthodes techniques pour le contrôle de l'érosion (150) aux méthodes de production en grand nombre de talles de tremble (482). Bien qu'il existe un vaste choix de publications traitant des méthodes de reconstitution de la flore, il est préférable et plus sûr d'entreprendre une démarche "en fonction des résultats" plutôt qu'"en fonction des méthodes". C'est ce qui ressort des études de certains qui soulignent le fait que les programmes de reconstitution doivent rester aussi souples que possible de manière à pouvoir profiter des nouvelles informations et méthodes au fur et à mesure qu'elles se développent (470). Il n'existe en fait aucun guide susceptible de couvrir toutes les conditions auxquelles on peut être confronté en ce qui a trait aux perturbations causées par l'exploitation minière.

Voici énumérés brièvement quelques titres d'articles, de rapports et de livres que toute personne responsable du développement ou de l'inspection d'un programme de reconstitution de la flore dans le Yukon ou les Territoires du Nord-Ouest se devrait de consulter si elle ne dispose pas déjà d'autres documents.

1. *A vegetative guide for Alaska* - voir p. 407 de la présente bibliographie. S'adresser à : Cooperative Extension Service, Université de l'Alaska, 1512, rue Cushman, Sud, Fairbanks, Alaska. La deuxième édition de ce guide doit paraître en 1977 et contiendra un bon nombre de nouvelles informations d'importance en ce qui concerne les essences végétales ligneuses.

2. *Revegetation in arctic and subarctic Alaska. A literature review* - voir p. 202 de la présente bibliographie. S'adresser à : Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Corps of Engineers, U.S. Army, Hanover, New Hampshire.

3. *Revegetation studies in the northern Mackenzie valley region* - voir p. 458, 460, 467 de la présente bibliographie; s'adresser à : Canadian Arctic Gas Study Ltd., 1270, Calgary House, 550, 6e avenue, sud-ouest, Calgary, T2P 0S2.

4. *Revegetation studies - Norman Wells, Inuvik and Tuktoyaktuk, T.-N.-O. and Prudhoe Bay, Alaska* - voir p. 177 de la présente bibliographie; sous la référence Rapport 72-73-14: s'adresser au : Programme de recherche sur l'exploitation des terres arctiques, Ministère des Affaires indiennes et du Nord, Ottawa K1A 0H4.

5. *Alaska revegetation workshop notes* - voir p. 127, 173, 237, 269, 364 et 388 de la présente bibliographie; s'adresser à : Cooperative Extension Service, Université de l'Alaksa, 1512, rue Cushman, sud, Fairbanks, Alaska.

6. *Licensed varieties of cultivated grasses and legumes* - voir p. 124 de la présente bibliographie; s'adresser à : Division de l'information, Agriculture Canada, Ottawa, K1A 0C7.

7. *Seeds of woody plants in the United States* - voir p. 363 de la présente bibliographie; ce fascicule remplace le précédent paru sous le titre *Woody Plant seed manual*, s'adresser à : United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C.

8. *Inventory of Canadian revegetation practice* - supplement 10-1 du fascicule CANMENT *Pit slope manual;* voir p. 338 de la présente bibliographie; s'adresser à CANMET, Ministère de l'énergie, des Mines et des Ressources naturelles, 555, rue Booth, Ottawa, K1A 0G1.

9. *Guidelines for coal and mineral exploration* - voir p. 354 de la présente bibliographie. S'adresser à : Division de l'inspection et des techniques, Ministère des Mines et des ressources pétrolières, Victoria. Colombie-Britannique.

10. *Proceedings of the inaugural meeting, Canadian Land Reclamation Association, December 1975*, - voir p. 14, 74, 130, 255, 374, 403 et 477 de la présente bibliographie; s'adresser au : Département scientifique des récoltes, Collège d'agriculture de l'Ontario, Université de Guelph, Ontario. L'Association canadienne pour la mise en valeur des terres prévoit tenir des assemblées annuelles et publier les débats de ces assemblées ainsi qu'un journal traitant des différentes expériences canadiennes de mise en valeur des terres.

11. *Proceedings of a workshop on reclamation of disturbed lands in Alberta* - voir p. 85, 152, 168, 261, 280, 284, 300 et 373 de la présente bibliographie. S'adresser à : Division des services généraux, Environnement de l'Alberta, 14e étage, Place Oxbridge, 9820 - 106e rue, Edmondon, T5K 2J6.

Il existe deux manuels additionnels qui ont été traduits récemment de l'allemand. Le premier, *Handbook of lanscape care and nature protection*, a été publié en allemand par K. Buchwald et W. engelhardt. Sa traduction en anglais a été réalisée sous la direction de l'Alberta, du Ministère de la protection de l'environnement, 2100 Place du Collège, Tour 3, 8215 - 112e Rue, Edmonton, T6G 2M4. Le second, *Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau*, (Méthodes de traitement pour l'amélioration du paysage), a été traduit en anglais, à partir du texte original allemand de H.M. Schiechtl, par le Secrétariat de la

recherche, Ministère de l'environnement, de l'Alberta, 14e étage, Place Oxbridge, 9820 - 106e Rue, Edmonton, T5K 2J6.

Un grand nombre des bibliographies existantes sur la mise en valeur des terres et des périodiques de mise à jour proviennent des Etats-Unis. Si le lecteur désire consulter d'autres périodiques ou d'autres bibliographies que le présent volume, il pourra se reporter aux références sur la reconstitution de la flore dans le Nord, comme Donavan (111), Johnson et Van Cleve (202), Murray (338), Younkin (460) et Zasada (470). En ce qui a trait aux régions perturbées de haute altitude, il existe deux excellents documents qu'on peut se procurer en s'adressant à : Environmental Resources Center, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 80523. Les titres en sont les suivants : *Proceedings of a workshop on revegetation of high-altitude disturbed lands* (voir p. 30 et 120 de la présente bibliographie); et *Bibliography pertinent to disturbance and rehabilitation of alpine and subalpine lands in the southern Rocky Mountains*, de O. Steen et W.A. Berg, Information séries n° 14, Environmental Resources Center, Colorado State University, 1975.

LA RECONSTITUTION ASSISTÉE DE LA FLORE EST-ELLE UN OBJECTIF VALABLE POUR TOUS LES TERRAINS PERTURBÉS DES SITES MINIERS DU NORD?

Dans le sud du Canada, on s'abstient généralement de se prononcer au sujet de la reconstitution assistée de la végétation comme devant entrer dans le cadre de la mise en valeur des terres. Pourtant, le supplément sur la reconstitution, du manuel *Pit slope Manual*, fournit un certain nombre de critères sur lesquels on peut se baser pour en arriver à une sage décision en la matière (340). On admet que, dans certaines conditions, la reconstitution de la flore peut ne pas être un objectif valable dans le Sud. La question mérite donc, à fortiori, d'être posée pour la reconstitution de la flore dans le Nord où les paramètres limitatifs sont encore plus nombreux. L'index par sujets (484) cite quelques ouvrages où l'on s'interroge sur le bien-fondé de la reconstitution assistée pour une région déterminée.

Considérons d'abord les cas limites du Haut Arctique constitués par la formation Beaufort dans le nord-ouest des îles Reine-Elisabeth ou les schistes Christopher de l'île Melville : ces surfaces supportent peu, sinon pas du tout, de végétation naturelle. Il serait difficile de justifier économiquement, écologiquement ou même esthétiquement un programme de reconstitution assistée de la flore sur les terrains perturbés de ces zones normalement infécondes (45).

Outre les régions du Haut Arctique, il existe probablement des régions extrêmement sèches, d'autres contenant des éléments chimiques ou ayant des propriétés physiques qui empêchent le retour ou l'apparition de la flore (5). Dans de tels cas, des fixateurs physiques ou chimiques résoudront mieux le problème contrôle de l'érosion. En dernier lieu, un auteur a même suggéré qu'il vaudrait mieux ne pas ensemencer si les chances de réussite sont inférieures à 80% (365).

Dans le Bas Arctique, des études des glissements de boue provoqués par l'exploitation mécanique dans la région du delta du fleuve Mackenzie ont montré que le processus de reconstitution naturelle de la flore peut être assez rapide. Dans de telles circonstances où les espèces végétales locales peuvent s'installer assez rapidement, il sera certainement plus judicieux de laisser le processus naturel suivre son cours plutôt que d'intervenir par la reconstitution assistée de la flore qui, probablement, n'accélerera pas le retour de la végétation (265). Younkin et Friesen (464) ont d'ailleurs remarqué que le retour des espèces locales réussit d'autant moins que la surface de couverture avec des espèces semées augmente. Si l'objectif est d'encourager le retour naturel de la végétation, certaines circonstances particulières peuvent faire obstacle à la reconstitution assistée de la végétation. Toutefois, il conviendra probablement, dans la plupart des cas, de savoir mesurer les quantités minimales de semences et d'engrais à employer pour favoriser la reconstitution du système végétal sur les terrains altérés (465).

OBJECTIFS ET STRATÉGIES APPLICABLES À LA RECONSTITUTION DE LA FLORE DANS LES RÉGIONS NORDIQUES.

Les opérations de reconstitution de la flore au Canada ont toujours visé au retour rapide d'un tapis de verdure sur les terres perturbées. Vu d'une façon globale, cet objectif satisfait aux exigences réglementaires et au désir d'amélioration de l'esthétique du paysage en même temps qu'aux dispositions de contrôle de l'érosion et d'entretien de l'habitat de la faune sauvage. Cependant, de plus en plus nombreux spécialistes de la reconstitution de la flore insistent sur le fait que l'objectif principal, pendant la reconstitution assistée, doit être l'encouragement du retour d'une couverture végétale stable s'entretenant elle-même (index, sec. 2.5).

La grande diversité des conditions écologiques rencontrées sur les entassements de résidus miniers diminue les chances d'arriver à définir un ensemble cohérent de règles permettant de déterminer un niveau acceptable de reconstitution de la flore. En conséquence, la plus grande latitude est laissée à

chaque responsable pour mettre au point son programme de mise en valeur et de reconstituion de la flore et rechercher les meilleurs résultats en fonction spécifique de la région perturbée concernée.

La procédure de la reconstitution assistée de la végétation peut conduire à la mise au point soit de systèmes plante/sol s'améliorant avec le temps, soit de systèmes qui au contraire dégénèrent avec le temps. Dès que la reconstitution de la flore sera considérée comme une étape logique en fonction d'un terrain donné, il ne restera plus qu'à voir à appliquer un système plante/sol susceptible de se bonifier avec le temps. La meilleure stratégie, dans bien des cas, sera de mettre momentanément en veilleuse le souhait de "verdure instantanée" et de laisser la zone repeuplée sur sa lancée jusqu'à son équilibre d'auto-régulation. Le résultat ne sera pas très beau au départ mais s'améliorera au fil des ans.

Les travaux sur la reconstitution de la flore évoquent presque tous, et selon des formes différentes, cette politique d'ensemble. Mais ils insistent sur le fait qu'il faut s'efforcer de disposer d'un choix maximum d'options. Ces ouvrages suggèrent à plusieurs reprises que le nombre des options est plus grand avec des systèmes plante/sol composés d'espèces végétales locales (ou des mélanges d'espèces locales et d'espèces cultivées) qu'avec des systèmes plante/sol couverts uniquement d'espèces agronomiques ensemencées.

Rien dans ces ouvrages ne permet d'affirmer que les objectifs de la reconstitution de la végétation puissent être définis pour s'adapter à quelque plan éventuel prédéterminé d'exploitation des terres. Là où les possibilités d'exploitation économique du sol sont rares, ou encore, là où il n'existe pas de plan régional de mise en valeur du sol, le mieux est d'essayer de deviner quelle sera la meilleure couverture végétale à favoriser. La meilleure stratégie serait d'arriver à un contrôle rapide de l'érosion par le moyen le plus efficace, avec ou sans reconstitution de la végétation. Tout plan d'exploitation du sol, s'il évolue, réussira normalement avec l'invasion naturelle des espèces végétales; ceci étant à long terme. Toutefois, en l'absence de plan d'exploitation du sol visant au développement d'une couverture végétale spéciale et surveillée, la meilleure attitude serait d'entreprende la reconstitution de la flore favorisant au mieux le retour aux conditions auxquelles on doit s'attendre d'une manière générale dans la région considérée. Quelques exceptions échappent à cette approche principalement dans les régions où dominent certaines considérations esthétiques. C'est par exemple le cas autour de certains sites miniers du parc national Kluane ou autour d'anciens gisements aurifères près de Dawson où il se peut qu'une vaste opération de mise en

valeur et de reconstitution de la flore à des fins de loisirs soit entreprise. En général, de meilleurs résultats de reconstitution de la flore seront obtenus si les méthodes les plus en contact avec les cycles naturels pour rétablir et ré-implanter la végétation originale sont utilisées aussi rapidement que possible.

LES SOLS PERTURBÉS ET LEUR PRÉPARATION AVANT L'IMPLANTATION DE LA COUVERTURE VÉGÉTALE

Une partie des ouvrages existants donnent l'impression que les opérations de reconstitution de la flore dans le Nord sont en elles-mêmes un problème distinct des problèmes rencontrés pour la reconstitution de la flore dans le sud du Canada, aux Etats-Unis ou en tout autre endroit. En fait, le Nord est "different" surtout à cause de ses limitations climatiques imposées dans les choix botaniques et à cause. aussi, des vitesses de croissance des plantes relativement plus lentes. Par contre, le Nord n'est pas bien différent des régions méridionales dès qu'il s'agit des aspects techniques du genre de la proposition "les pentes des terrils devraient être réduites à l'angle biologique d'implantation quand on désire procéder à la reconstitution de la végétation" (169). Ceci signifie que le responsable de la reconstitution de la flore dans le nord peut utiliser sur son terrain un grand nombre des principes, des méthodes empiriques ou des exemples appliqués dans le sud.

Un des principes universels est de bien comprendre ce qui se passe au niveau des surfaces perturbées avant d'établir les plans détaillés de reconstitution assistée de la végétation. L'exigence minimale est de reconnaître les différents éléments de base qui entrent dans la composition des résidus où l'on prévoit le retour de la flore. C'est ce qui ressort de certaines autres revues comme celle de l'U.S. Environmental Protection Agency traitant de la stabilisation du complexe végétal sur les amoncellements de résidus (111) ou le supplément "reconstitution de la flore" du manuel *Pit Slope Manual* (338) où l'accent est mis sur la différenciation à respecter entre les morts-terrains, les roches de rejet et les résidus. Ces trois ensembles sont clairement définis dans la présente bibliographie. Les routes et chemins ont été considérés comme faisant partie intégrante de l'exploitation minière et séparés des autres catégories de résidus miniers généralement admises. Quelle que soit la région considérée, les résidus de queue forme une catégorie distincte de sols altérés dès qu'il s'agit d'y appliquer une procédure de reconstitution de la flore. La notion de morts-terrains a été prise dans son sens

large et comprend une assez grande variété de rejets miniers différents des résidus de queue et des réseaux routiers sur la mine (conformément à ce qui a été souligné à la page *ii*).

Une fois le fait posé et admis que les morts-terrains, les routes et les résidus de queue forment les catégories élémentaires des différents modes de perturbation sur lesquelles reposeront les plans du responsable de la reconstitution de la végétation pour l'établisement du calendrier, le choix des espèces et des spécifications des engrais, l'étape suivante consiste à rechercher les facteurs spécifiques qui influenceront la reconstitution assistée de la végétation. Les auteurs du *Pit Slope Manual* ont conclu que le climat, la distribution dimensionnelle des particules, le pouvoir de rétention de l'humidité et la minéralogie constitutent les principaux paramètres indiquant au responsable de le degré de facilité ou de difficulté qu'il rencontrera pour la reconstitution de la flore sur un terrain particulier (338). Sauf contradiction ultérieure apportée par l'expérience future dans le Nord, ces facteurs devraient être pris comme guides pour simplifier la recherche des facteurs de limitation propres aux terrains visés par la reconstitution de leur végétation.

Les ouvrages traitant des facteurs de limitation de la reconstitution (index sec. 3), de l'importance de l'établissement de plans de mise en valeur du sol et de reconstitution de la flore comme partie intégrante de l'exploitation minière (index, sec. 6.1), de la définition du profil et de l'inclinaison des pentes (index, sec. 6.2), de l'addition d'un sol de couverture (index, sec. 6.3.1), de l'utilisation d'éléments fixateurs, de sous-couches, de paillis ou d'autres matières organiques (index, sec. 6.4 et 6.5) font état d'un grand nombre de principes généraux qui conviennent à toutes les surfaces perturbées par l'exploitation minière. Il n'est pas nécessaire de citer ici ces principes. Nous dirons seulement à la personne qui décidera de la mise en oeuvre de la reconstitution de la végétation d'une région donnée qu'elle accorde suffisamment de temps à ceux qui seront responsables des opérations pour qu'ils étudient et évaluent leurs terrains en question en fonction de ces principes généraux. Des comptes rendus de cas de reconstitution de la flore (index, sec. 4) montrent que le temps et l'effort déployés pour parvenir à une meilleure compréhension des sols à réensemencer sont un bien meilleur investissement que la répétition hâtive d'essais et d'erreurs pour obtenir "un verdissement rapide".

Dans les régions méridionales, les résidus de queue ont été parmi les sites les plus difficiles à repeupler en plantes et on peut s'attendre à ce que ce soit la même chose dans le Nord. Les problèmes spéciaux liés à ces résidus sont

traités dans la section ci-après. Les terrains secs ont des problèmes qui leur sont propres. Hernandez (184) et d'autres qui ont étudié les possibilités de reconstitution de la flore autour des projets d'oléoducs dans le Nord ont fait remarquer en l'ocurrence que les sols profondément secs sont de loin les plus difficiles à repeupler végétalement. Des sols qui ont été l'objet d'essais dans ces études de reconstitution de la flore autour des oléoducs, il ressort que les terrains secs difficiles sont très proches des conditions auxquelles on peut s'attendre sur la plupart des morts-terrains et des entassements de résidus miniers.

Les expériences de reconstitution dans le sud ont à plusieurs reprises souligné l'importance des micro-systèmes écologiques pour les matériaux végétaux (135, 191, 468). Elles ont aussi fait remarquer qu'il y a encore une pénurie généralisée d'équipements spéciaux de mise en valeur pour la création des meilleures conditions topographiques de surface et des meilleurs micro-ensembles favorables au repeuplement végétal. Les expériences à venir montreront l'importance de ces étapes mécaniques pour les opérations de reconstitution sur les sols nordiques où il existe déjà des limitations climatiques régionales à la croissance des plantes. On peut donc s'attendre raisonnablement à ce que les caractéristiques micro-topographiques des sols soient encore plus critiques que dans le Sud.

Si le Nord pose certains problèmes spécifiques aux étapes mécaniques de la reconstitution de la végétation, il est aussi vraisemblable qu'il suscitera la mise au point de nouvelles techniques. Plusieurs sols nordiques, dans leur état naturel, ont par exemple très peu, sinon pas de structures pédologiques différentes en raison du mélange qui s'y opère par l'intermédiaire des processus de gel et de dégel. Il est par conséquent moins important d'essayer de recréer la séquence naturelle des couches comme cela est pratiqué lors de la reconstitution de la flore dans le sud et principalement dans les régions agricoles. Ceci dans les cas où l'on voudrait établir un sol de recouvrement sur une surface altérée. Une nouvelle technique intéressante est en cours d'expérimentation dans certaines régions montagneuses des Etats-Unis : il s'agit de procéder au dépouillement en hiver de la couverture gelée de surface quand on a le plus de chances d'y parvenir sans trop la mélanger aux horizons organiques et minéraux. Les longues périodes de gel des sols nordiques pourraient être mises à profit pour l'utilisation et le perfectionnement de techniques comme celles-ci sur les terrains où le déplacement des sols de surface entre dans le cadre d'un plan de mise en valeur des terres.

Il y a peu de remarques à formuler en ce qui concerne l'application des étapes de reconstitution de la végétation avant l'intervention de la stabilisation mécanique de la surface. De nombreux responsables de la reconstitution considèrent cet aspect comme un problème technique à résoudre avant d'entamer les procédures de reconstitution de la flore. En même temps certains comptes rendus récents insistent sur l'importance de nouvelles techniques d'horticulture faisant appel à l'utilisation de liants de surface qui apportent une stabilité temporaire aux terrains pendant la durée de l'implantation de la végétation (112, 347). Toute nouvelle mise au point de récentes techniques mécaniques de reconstitution de la flore devra reposer sur la nécessité d'évaluer les caractéristiques de chaque site pris individuellement en raison de la diversité extrême rencontrée d'un site à l'autre, qu'il s'agisse de morts-terrains ou de résidus miniers.

PROBLÈMES SPÉCIFIQUES AUX RÉSIDUS MINIERS

Pratiquement, tous les résidus miniers contiennent des sels non-organiques impropres à la croissance des plantes, manquent d'éléments chimiques organiques et d'éléments nutritifs nécessaires aux végétaux et ne possèdent pas non plus les caractéristiques physiques inhérentes au développement végétal soutenu (101). Malgré ces difficultés, certaines des recherches sur la reconstitution de la végétation dont les résultats ont été les plus importants ont été réalisées sur ces terrains difficiles, y compris en des endroits où la toxicité des métaux constituait un problème supplémentaire (2,51).

Parmi les amoncellements les plus anciens de résidus miniers du Yukon, certains sont encore sans végétation et certains autres, qui ont été étudiés, montrent qu'il sera nécessaire de poursuivre les recherches pour trouver des méthodes convenables de reconstitution de la végétation (16, 164). Des études de crassiers dans les Territoires du Nord-Ouest ont aussi démontré l'impossibilité d'une reconstitution non-assistée de la flore à court terme (397, 399). Jusqu'à maintenant, on a prêté peu d'attention aux problèmes de l'acidité du sol des crassiers nordiques bien que l'on sache que se pose là un problème certain dans le Nord (16), ainsi que dans d'autres régions de l'Amérique du Nord. On n'a pas non plus prêté particulièrement attention aux problèmes de la salinité pour le Nord, comme cela a été le cas pour la plupart des opérations de reconstitution de la flore

dans la région des Grandes Plaines. On sait toutefois que la salinité est un problème réel au niveau de la croissance des plantes sur certains sols du Haut Arctique (37), et il faut s'attendre à connaître les mêmes difficultés et les mêmes résultats sur n'importe quel crassier salin du Nord.

Les expériences de reconstitution de la flore sur des crassiers dans le sud montrent qu'il est nécessaire de passer presque toujours par des étapes onéreuses et particulièrement élaborées. Ces étapes ont impliqué des ajouts de résidus organiques traités (74) ou de matière organique présentée sous d'autres formes (309), des ajouts de différents agents stabilisateurs de surface (96, 99), des procédures d'enfouissement d'éléments toxiques (199), l'utilisation d'espèces végétales tolérantes vis-à-vis des éléments métalliques (2, 49, 50, 159), des opérations de chaulage (298, 336) ainsi que des séquences complexes d'étapes mécaniques et agricoles sur des sols de crassiers de l'horizon précambrien en Ontario et au Québec (275). Aucune raison ne nous permet de penser qu'il sera possible de parvenir à réaliser une reconstitution moins difficile et moins onéreuse de la flore sur les amoncellements nordiques de résidus.

LE CHOIX DU MATÉRIEL VÉGÉTAL

L'une des plus grandes parties de l'index des sujets du présent ouvrage est consacrée au choix et à la sélection des espèces végétales pour la reconstitution de la flore (index, sec. 5). Une des raisons principales qui explique pourquoi le choix des espèces occupe une si large place dans la littérature spécialisée réside sans doute dans l'existence d'un débat permanent sur les mérites respectifs des espèces agronomiques et des espèces naturelles locales. Lorsqu'il s'agit de régions qui ne sont pas repeuplées en vue de l'exploitation agricole, un nombre de plus en plus grand de personnes optent pour les espèces naturelles locales malgré les problèmes qui se posent sans trouver de solution au sujet de l'approvisionnement en semences de ces espèces. En ce qui concerne la reconstitution de la flore sur des terrains difficiles, comme ceux qui sont situés à haute altitude, la faveur va au compromis entre les espèces agronomiques et les espèces naturelles. L'approche décrite par Milligan et Berdusco pour la Kaiser Resources Ltd (315) en est un exemple. Bien que cette société continue d'utiliser des espèces agronomiques de légumes et de plantes herbacées, ses responsables reconnaissent que cette méthode risque de ne pas convenir à long terme et prévoient que l'utilisation des espèces naturelles locales va aller en croissant avec les

années, et en particulier à haute altitude. Dans le Nord, les études de reconstitution de la flore autour des oléoducs en cours de réalisation ont cessé de proposer la constitution d'un tapis dense d'espèces, agronomiques pour adopter des méthodes de reconstitution basées sur le repeuplement des espèces locales (460, 461). Le lecteur intéressé trouvera dans le compte rendu de Johnson et Van Cleve (204) le pour et le contre sur les espèces locales et les espèces introduites.

Les facteurs à considérer pour la sélection des espèces ne peuvent être cités ici; il en découle cependant quelques principes généraux applicables dans le Nord. On serait tenté, en raison du grand succès rencontré lors de la reconstitution de la flore sur les plates-formes d'essai d'oléoduc, de reprendre les spécifications de reconstitution de la flore qui en résultent (460) et de les appliquer à une grande variété de zones perturbées du Nord. On doit cependant faire remarquer que la plupart des plantes herbacées recommandées pour la reconstitution de la flore sont des espèces à prairie qui répondent bien sur les sols humides et même détrempés rencontrés le long de la route de l'oléoduc (465). Pour les sols plus secs comme ceux auxquels on doit s'attendre sur la plupart des morts-terrains et des crassiers, les spécifications publiées sur la reconstitution de la flore autour d'oléoducs proposent très peu d'espèces utilisables sinon la fétuque et le foin à vaches (Poa pratensis) (464).

Les stratégies de reconstitution de la végétation dans le Sud utilisant la plantation directe d'arbres sur les terrains perturbés (290, 373) ont, semble-t-il peu d'avenir en ce qui concerne le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest à l'exception peut-être des peupliers, des aulnes et des saules. Nombreux sont les ouvrages qui suggèrent qu'il serait plus rentable de rechercher des espèces locales éventuelles en différents endroits comme les plus anciennes perturbations minières d'une région (105, 344); les plantes qui se sont adaptées sur les terrains naturellement perturbés ou sur des terrains jeunes (index, sec. 10.2); les espèces non-légumineuses avides d'azote dont certaines sont les premières à se développer naturellement sur les terrains perturbés (index, sec. 5.4); et les espèces de plantes ligneuses en général (105, 127, 472). Plusieurs éditions récentes ont souligné la nécessité de prêter encore plus d'attention aux propriétés des plantes propres à faire des racines (20, 345, 347).

En conclusion, il est extrêmement important de réaliser des essais avec les plantes que l'on propose avant de s'engager dans un ensemencement ou une plantation généralisés. En

général, on cumulera les plus grandes chances de succès lorsque les programmes de reconstitution de la végétation reposent sur plusieurs méthodes conjuguées telles que ensemencement, coupes et procédés physiques pour le contrôle de l'érosion. Les rôles des espèces végétales avides d'azote, des mycorrhizae et des micro-organismes en général ne sont pas moins importants dans le Nord qu'ils le sont plus au Sud (94, 304, 305).

OÙ TROUVER LES SEMENCES ET LES SOURCES À PLANTER?

En fait, et c'est surprenant, seuls quelques rares ouvrages renseignent leurs lecteurs sur les endroits où ils peuvent se procurer commercialement les semences. Les distributeurs de graines sont classés selon la variété de graminée et de légumineuse dans la brochure n° 1405 du ministère canadien de l'Agriculture, composé par Elliot et Bolton (124). Les spécialistes canadiens de la reconstitution de la végétation peuvent obtenir des annuaires complets et détaillés des marchands de semences en prenant contact avec différents organismes tels que les associations Canadian Seed Trade Association, Pacific Seedmen's Association, ou la Western Seed Trade Association. L'édition 1977 de l'annuaire des membres de l'Association canadienne du Commerce des Semences (Canadian Seed Trade Association) est un outil indispensable car il donne les noms, les adresses et les numéros de téléphone des distributeurs canadiens de semences; on pourra l'obtenir à l'adresse suivante : suite 210, 100 Place Dixie, Mississauga, Ontario L5E 1V4.

Il n'existe pas d'autres répertoires équivalents concernant les jeunes plants et autres genres de végétaux à planter. A la différence du commerce bien établi des semences, les produits destinés à la propagation de la végétation sont plus dépendants des pépinières locales ou de l'habileté du responsable de la reconstitution de la végétation.

QUAND Y A-T-IL LIEU D'APPLIQUER DES ENGRAIS?

Les caractéristiques et les spécifications des engrais sont l'objet de tant de commentaires dans l'ensemble des ouvrages sur la reconstitution de la flore (index, sec. 6.11.2) qu'on a parfois tendance à négliger la question fondamentale à savoir s'il convient ou non d'engraisser les sols (index, sec. 6.11.1).

Certains auteurs ont organisé leurs essais de reconstitution de la flore sans utiliser d'engrais se disant que les espèces de plantes qui ont un besoin constant d'engrais ont alors peu d'utilité dans les opérations de reconstitution (464).

Il importe aussi de faire remarquer que certaines espèces non-adaptées sont incapables de faire leur profit des éléments nutritifs du sol dans les régions froides (292); cela signifie que les espèces maladaptées ne peuvent pas non plus bénéficier des engrais.

D'une manière générale, l'engraissement favorisera les espèces extérieures au désavantage des espèces locales. En sachant que l'engraissement limité aidera à l'établissement des premières espèces, il faut retenir qu'un engraissement continu inhibera le développement des cycles des éléments nutritifs (304). Dans le cas des terrains à faible affouillement où croît une bonne couverture de végétation sans qu'il soit besoin de l'entretenir, on peut s'interroger sur l'utilité des applications importantes d'engrais (13, 465).

RÉSUMÉ ET RECOMMANDATIONS

1. En dépit de l'abondance de la littérature traitant de la reconstitution de la flore, il n'existe pas encore de méthodes garanties pour la reconstitution sur les terrains difficiles (111). Même les études les plus complètes et détaillées sur le nord du Canada et portant sur six années de travail ont finalement abouti à fournir des spécifications de reconstitution que leurs auteurs (460) considèrent comme "préliminaires". En Alaska, un compte rendu de recherche sur la reconstitution de la végétation de la plaine côtière arctique soulignait aussi que beaucoup des conclusions ne sont qu'expérimentales mais que de nombreuses informations et mises au point seront communiquées dans les années à venir (470). En Alberta, des chercheurs, engagés dans d'importants essais sur le terrain pour l'implantation d'espèces éventuelles, ont indiqué que leurs recommandations préliminaires pourront être communiquées dans deux ans mais qu'il faudra attendre encore dix années de recherches pour connaître les recommandations définitives (425).

2. Les programmes de mise en valeur du sol n'ont pas nécessairement besoin d'inclure des étapes de reconstitution de la flore. Cette reconstitution en elle-même n'est pas une solution garantie contre l'érosion alluviale ou thermique. La stabilité des pentes doit être obtenue au moyen de méthodes appropriées pour la manutention des matériaux au cours des phases mécaniques de l'exploitation minière. On a donc besoin de critères plus précis pour aider le choix de la reconstitution assistée à pratiquer en fonction

des différents types de sols perturbés rencontrés dans le Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest.

3. L'aboutissement rapide à une couverture dense de végétation à l'aide de graminées et de légumineuses sélectionnées demeure un des objectifs principaux dans de nombreuses régions méridionales du Canada et, en particulier, là où l'exploitation agricole est pratiquée sur des sols reconquis. Cette approche est cependant de plus en plus remise en question en ce qui concerne les terrains difficiles et les zones à haute altitude dans le sud du Canada. Son utilisation dans le Nord est encore plus discutable. Une autre stratégie semblerait plus adaptée aux conditions du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest : il s'agit de fixer les quantités *minima* de semences et d'engrais nécessaires pour encourager le repeuplement naturel des zones perturbées.

4. Une partie de l'information la mieux constituée disponible de nos jours concerne les espèces végétales qui ont été l'objet d'études écologiques fondamentales : les graminées *Arctagrostis* et *Calamagrostis* (455), la linaigrette (442), ou le *Dryas* (272). D'autres espèces bénéficient de la priorité pour de semblables études comme la *Festuca brachyphylla* et la *Poa lanata*. Des informations détaillées sur l'écologie et la physiologie du saule et de l'aulne nordiques peuvent aussi être très utile pour la mise au point de nouvelles méthodes d'utilisation des coupes sans racines dans les programmes de reconstitution de la végétation dans le nord.

5. Chaque fois qu'il y a un engagement financier pour soutenir une opération de reconstitution assistée de la végétation il y a aussi des réserves financières pour permettre l'entretien à long terme, la gestion et les évaluations postérieures des régions repeuplées (index, sec. 6.12).

6. La pénurie de semences et de jeunes plants ne sera pas résorbée tant qu'il n'y aura pas de centres pépinières dans le nord, comme celui de Palmer en Alaska (52) ou de pépinières en coopératives à l'usage des responsables dans un région déterminée (106).

7. Au cas où un système de réserves écologiques serait établi au Yukon ou dans les Teeritoires du Nord-Ouest, un tel système devra englober divers exemples des sols perturbés par l'exploitation minière. Les études à long terme de l'écologie et de l'évolution des espèces

à peuplement naturel devront être menées sur ces laboratoires naturels. Les besoins prioritaires d'études ont été soulignés dans d'autres revues (208) ainsi que par d'autres responsables individuels de la reconstitution de la végétation (index, sec. 12).

8. Une grande partie des ouvrages traitant de la reconstitution de la flore ne font que reprendre des notions et des informations pré-existantes qu'ils recyclent; il n'en demeure pas moins que cette question de la reconstitution de la flore est, au Canada, un domaine d'étude qui connaît une évolution extrêmement rapide. Les nouvelles parutions d'informations citées ci-après montrent bien comment un ouvrage comme le nôtre est vite dépassé pas les événements en l'espace de seulement deux mois, soit depuis le mois de mars 1977, date à laquelle l'ouvrage était virtuellement terminé :

Abbott, D. 1976. Bibliographie de la reconstitution de la flore sur les terrains détritiques miniers au Canada. Rapport n° M/77/133, Conseil de la recherche et de la productivité, Fredericton, Nouveau-Brunswick.

Andrews, M. 1977. Bibliographie sélective des perturbations et des méthodes de restauration des sols et de la végétation dans les régions de pergélisol en U.R.S.S. (1970-1976). Rapport spécial 77-7. Laboratoire américain de recherche et de technologie pour les régions froides, Hanover, New Hampshire. 116 p.

Foothills Pipe Lines (Yukon) Ltd., 1976. Reconstitution de la flore. In : Evaluation de l'environnement, Vol. 5B-1. Projet d'application présenté au Conseil national de l'énergie et auprès du ministère des Affaires indiennes et du Nord. p. 412-420.

Takyi, S.K., M.H. Rowell, W.B. McGill et M. Nyborg. 1977. Mise en valeur et végétation des sols miniers de surface dans la région des sables bitumineux d'Athabasca Monographie de recherche sur l'environnement 1977-1, Syncrude Canada Ltd. 170 p.

Vaartnou and Sons Enterprises Ltd. 1977. La multiplication de semences autochtones. Un compte rendu des progrès réalisés dans la multiplication des graines d'écotypes autochtones utilisables dans des opérations de reconstitution de la flore en régions nordiques. Document préparé à la demande de Foothills Pipe Lines Ltd. 20 p.

Vaartnou and Sons Enterprises Ltd. 1977. Recherche sur la reconstitution de la flore indigène. Compte rendu 1976, préparé à la demande de Foothills Pipe Lines Ltd., de Alberta Gas Trunk Line et de Westcoast Transmission Ltd. 58 p.

Les responsables de la reconstitution de la flore pourront avantageusement consulter des documents tels que les comptes rendus de conférences et les journaux périodiques traitant de ce sujet. L'Association canadienne pour la mise en valeur des terres prévoit la publication d'une revue internationale intitulée *Reclamation Review*, par l'intermédiaire de la Pergamon Press. Un tel document de référence pourra être particulièrement utile.

BIBLIOGRAPHIE COMMENTÉE

1. AIELLO, J.

2. 1973

3. Open pit coal mining at Cardinal River Coals (Mine de charbon à ciel ouvert à Cardinal River Coals).

4. In : Compte rendu de la 25^{e} Conférence canadienne des Charbonnages. Publié par le Secteur de l'Energie, ministère de l'Energie , des Mines et des Ressources, Ottawa. p. 79-84

5. Origine

6. a. Alberta; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; morts-terrains de recouvrement

7. La société Cardinal Rivers Coals Ltd. exploite une mine à ciel ouvert située à environ 200 milles à l'ouest d'Edmonton, dans la zone subalpine du versant oriental des Montagnes Rocheuses. Les travaux de mise en exploitation et de découvrement ont débuté en 1969. Le Service canadien des forêts, en collaboration avec la Cardinal River Coals, a réalisé des carrés expérimentaux de culture sur d'anciennes terrasses de résidus charbonneux situés à proximité de la mine Lascar, en 1969 et 1970. Cinquante-huit acres de terrasses ont ainsi été semées et irriguées en 1971 et un programme d'ensemencement pour 1972 prévoyait l'implantation des espèces expérimentales suivantes :

sureau noir
saule *(Sheperdia canadensis)*
petit thé *(Chiogenes hispidula)*
églantier
bouleau rouge
olivier de Russie *(Elaeagnus angustifolia)*
sauge
amélanchier
herbe bleue, sainfoin
cerisier de sable
pommier d'amour
cenellier (aubépine)
lilas
arrocher
sanguisorbe
fétuque ovine
grande fétuque d'automne
pâturin
pâturin rustique des prés
chiendent huppé (agropyre) Fairway
chiendent pubescent
fléole des prés
vesce couronnée Chemung
tragacanthe cicer
trèfle d'odeur (mélilot)
luzerne
sainfoin
pin *(pinus contorta)*
clématite jaune

Les résultats concernant les espèces qui ont survécu après cette expérience ne sont pas rapportés dans le présent article.

1. ANTONOVICS, J., A.D. BRADSHAW et R.G. TURNER

2. 1971

3. Heavy metal tolerance in plants. (L'importance de la tolérance des plantes vis-à-vis des sels métalliques).

4. In : J.B. Cragg (Éditeur), Advances in ecological research. Volume 7. Academic Press, Londres. p. 2-85

5. Original

6. a. à l'échelle mondiale

   b. le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest; résidus stériles

7. Le présent document fait une revue générale de la littérature mondiale traitant de l'importance de la tolérance des plantes aux sels métalliques. Il fournit une liste des plantes vasculaires, des mousses, des hépatiques, des lichens, des algues et des fongi dont la présence a été remarquée sur des sols contaminés. On y trouve aussi une présentation détaillée des facteurs déterminant la distribution de la flore sur les sols contaminés, l'évolution et les caractères génétiques de l'importance de la tolérance vis-à-vis des sels minéraux ainsi que les mécanismes de la tolérance métallique. Le dernier chapitre traite des applications pratiques des connaissances actuelles sur les organismes métallo-tolérants et analyse certaines données se rapportant à la prospection bio- et géochimique, à l'exploitation des minerais et à la fixation de la végétation sur des terrains chargés d'éléments toxiques. Seul le dernier point fait l'objet d'un commentaire ci-après.

Les haldes contiennent non seulement les restes métalliques qui n'ont pas été extraits au cours du traitement mais aussi des quantités variables d'autres métaux présents dans le minerai et qui, volontairement, ne sont pas extraits. Ces métaux sont peu à peu relachés sous formes de sels solubles lorsque le minerai de rebut est exposé aux intempéries et ce processus peut s'étendre sur de longues périodes séculaires. C'est pourquoi les haldes supportent une végétation extrêmement réduite due aux effets conjugués de la toxicité, du manque d'éléments nutritifs et des conditions physiques défavorables.

La technique la plus efficace dans une telle situation serait, semble-t-il, de recouvrir la surface toxique d'une couche de terre normale et d'y établir un herbage ou d'y planter des arbres selon un technique normale. Il reste malgré tout que ce moyen est extrêmement onéreux et que son coût s'élève à au moins six fois celui d'une opération normale sur des terrains non-toxiques.

Antonovics, J., A.D. Bradshaw et R.G. Turner 1971

Une autre possibilité serait de profiter des processus naturels d'évolution qui se seront préalablement manifestés et d'utiliser des espèces et des populations végétales reconnues comme supportant bien la toxicité présente, en y ajoutant des engrais afin d'améliorer la déficience en éléments nutritifs. Les auteurs soulignent le fait que les techniques faisant usage de populations végétales métallo-tolérantes n'ont pas encore été étudiées sur une gamme suffisamment variée de sites. Mais les premiers résultats sont prometteurs et répondent assez bien aux prévisions. On peut raisonnablement s'attendre à ce que cette méthode soit applicable de façon généralisée en raison de l'extrême variété des espèces existant sur le globe terrestre et dont on connaît ou prévoit la tolérance métallique. De nombreuses espèces sont persistantes et ont une grande vigueur végétative, d'autres sont des légumineuses qui, par conséquent, seront peut-être auto-suffisantes en ce qui concerne le cycle de l'azote à moins que la fixation de l'azote soit gênée par la présence de sols toxiques. Cette méthode doit donc être mise à l'essai de façon plus approfondie.

Certains habitats particuliers comme les régions contaminées par des sels métalliques sont extrêmement intéressants pour les études écologiques et les études sur l'évolution. Leur valeur provient essentiellement de leur simplicité. L'enchaînement et le modèle des variations génétiques responsables de la colonisation des sites contaminés par des métaux ou des sels métalliques constituent les seuls renseignements enregistrés de la sélection naturelle en opération. L'étude décrite dans cet article montre que certains problèmes peuvent être souvent mieux analysés en procédant sur des terrains spécifiques ou même créés par l'homme plutôt que sur des terrains naturels qui constituent des environnements plus complexes.

1. ARKAY, K.E.

2. 1975

3. Exploration and abandonment environmental aspects. (Répercussions sur l'environnement de l'exploitation minière et de l'abandon des résidus miniers).

4. In : Notes de colloque, Séminaires de transfert technologique sur les règlements et les directives relatifs aux effluents miniers et sur les techniques applicables au traitement des effluents miniers, utilisés dans l'industrie minière des métaux de base, du fer et de l'uranium ainsi que dans l'industrie métallurgique, Service de la protection de l'environnement, ministère canadien de l'Environnement. Texte préliminaire.

5. Original

6. a. Canada

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; résidus miniers

7. Les répercussions sur l'environnement du fait de l'abandon de résidus et d'amas de pierrailles, de structures d'exploitation de mines à ciel ouvert et de mines souterraines peuvent apparaître bien longtemps après la fin de l'activité d'extraction. Les problèmes posés par la pollution de l'air provoquée par l'érosion éolienne et le transport des sédiments provenant des amas de résidus et enfin les problèmes de la dégradation esthétique des paysages.

Pour éviter l'apparition de ces problèmes à long terme sur l'environnement, il est impératif que le rejet et le traitement des déchets miniers soient correctement planifiés à l'avance. L'un des buts visés est d'assurer la stabilité structurelle des amoncellements de résidus miniers : la meilleure méthode consiste à consolider les résidus à l'aide d'une couverture végétale. La constitution de la végétation peut dans ce cas améliorer la stabilité à long terme des décharges de résidus en augmentant les taux d'évapo-transpiration et en réduisant, par conséquent, la quantité de l'eau pouvant entrer et demeurer en couches profondes des amoncellements. Les problèmes techniques posés par la constitution de la flore dépendent de différents facteurs: climat local, topographie des amas de rebut, la texture et la distribution des résidus, la disponibilité d'éléments nutritifs, la présence de toxines végétales et la possibilité, pour le responsable, d'utiliser du matériel lourd.

Les coûts de constitution de la végétation sur les résidus pauvres en soufre au Canada se situent entre $125 et $500 l'acre couverte et comprennent les opérations de nivellement et de préparation de surface,

Arkay, K.E. 1975

l'ensemencement, la fertilisation et l'utilisation momentanée de liants chimiques. Pour l'obtention de ces chiffres, les amas de résidus ont été préalablement définis dans une classification relativement moyenne : absence de toxines végétales importantes, climat tempéré et non aride. La constitution de la végétation sur des résidus pierreux denses peut être encore bien plus chère que les chiffres indiqués ci-dessus surtout s'il faut ajouter une terre de couverture pour permettre l'établissement de la flore.

Tous les résidus neutres ou non-réactifs ne sont pas à même de bénéficier d'une opération de reconstitution de la flore. Il est impossible d'établir une couverture végétale solide et définitive dans le Haut Arctique, dans les régions arides ou sur certaines zones de résidus miniers ayant des caractéristiques physiques ou chimiques impropres. On peut utiliser des liants physiques (terre, écorce pulvérisée, mâchefer de fonderie) ou chimique (émulsions de latex) soit indépendamment soit en association avec la végétation existante. Utilisés seuls, ils ne permettent qu'une couverture temporaire; l'érosion intervient rapidement et il est alors nécessaire de répéter les applications.

L'auteur suggère que les problèmes de pollution résultant de l'abandon des rejets et des zones exploitées soient estimés et intégrés au niveau de la planification de la mine afin que l'on puisse prendre très tôt les meilleures dispositions préventives ayant une valeur à long terme. On pourrait par exemple, pour assurer la réhabilitation végétale d'un site minier abandonné, prévoir l'adoption du principe de constituer une caution financière et/ou le paiement de redevances pré-opérationnelles qui seraient calculées sur la base du coût de la restauration de la flore sur des amas de résidus neutres et réévaluées sur la base de la teneur en souffre desdits résidus.

L'auteur énumère quelques problèmes particuliers à résoudre au plus tôt : la mise au point de méthodes pour l'établissement d'une couverture végétale auto-suffisante sur des stations de résidus sulfureux; l'évaluation de l'utilité de ces couvertures végétales en ce qui concerne leur pouvoir de réduction de la pollution aquatique par dissolution des éléments soufrés; et la mise au point de méthodes de remplacement pour la fixation des surfaces des puits et des amas de résidus chimiquement réactifs afin d'éviter la formation de l'acidité.

1. BABB, M.F.

2. 1959

3. Propagation of woody plants by seed. (Propagation de plantes ligneuses par ensemencement).

4. Université d'Alaska, Alaska Agricultural Experiment Station, Palmer, Alaska. Bulletin 26. 12 pages.

5. Original

6. a. Alaska; taïga du centre de l'Alaska, taïga de l'Alaska méridional.

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; morts-terrains, routes.

7. Plusieurs méthodes de propagation de plantes ligneuses par ensemencement sont décrites ici : ensemencement direct à l'automne et stratification des semences en préparation pour le semis. En ce qui concerne la stratification, il convient de disposer des couches alternées humides de sable, de tourbe ou de sphaigne, en y intégrant les semences, en veillant à placer celles-ci dans les conditions les plus favorables pour leur germination. Le temps nécessaire à cette méthode de stratification doit être calculé en fonction de la date de plantation, de sorte que la semence à semer le 1er mai soit placée en stratification le 15 février puisqu'elle doit rester 75 jours sous ce traitement. Il convient d'ajuster la durée de cette période en fonction des conditions locales de plantation et des particularités des espèces en veillant particulièrement à maintenir l'humidité à un niveau convenable dans le récipient de la préparation. La plupart des espèces ligneuses doivent être semées à l'automne. Quand cela est possible, la vernalisation des semences dans des substrats humides et froids permet d'approcher les conditions normales d'interruption de l'hibernation de l'embryon des semences et de stimulation de la germination.

On conseille deux températures pour cette méthode de stratification : 5° C (41° F) pour la période froide; et 25° C (77°F) pour la période chaude. Le traitement préliminaire à la plantation peut être réduit en augmentant la température de la stratification. Certaines espèces ont besoin de subir deux périodes de stratification tandis que d'autres ont des exigences variables. Certaines espèces ont besoin d'un traitement préliminaire avant d'être soumises à la stratification pour permettre l'épaississement ou le durcissement de leur enveloppe. Les traitements les plus couramment employés sont l'ébouillantage (82°C à 93°C; 180°F à 200° F), le trempage dans une solution concentrée d'acide sulfurique (densité commerciale : 1.84) ou la scarification avec des abrasifs passés soit à la main soit à la machine. Les semences commerciales de plantes ligneuses sont habituellement pré-traitées par .

Babb, M.F., 1959

le grainetier et doivent être entreposées dans une atmosphère froide (entre 0.56°C et 10°C; 33°F et 50°F) et sèche.

Même si l'on recommande l'ensemencement automnal des semences de la plupart des espèces ligneuses, il existe cependant quelques problèmes liés à cet ensemencement d'automne : (1) les semences sont la proie alimentaire des souris et d'autres animaux; (2) elles risquent de souffrir du gel et du dégel; (3) de subir une déshydratation excessive en hiver; et (4) il faut contrôler et supprimer les mauvaise herbes au printemps. Pour écarter ces difficultés et assurer l'interruption de l'hibernation des semences, on les entrepose habituellement en grenier, puis on les reprend pour procéder à leur stratification ou à un traitement préliminaire autre avant leur ensemencement au printemps.

Dans le cas d'une propagation végétative, on force une partie de la plante mère à faire des racines tout comme on peut aussi l'associer à une plante compatible ayant déjà un réseau de racines et radicelles. Pour le permier procédé, les jeunes tiges de greffage, l'éclatage des racines et le marcottage conviennent aux parties comme rejetons, marcottes et rhizomes. L'écussonnage et le greffage sur des espèces compatibles présentent l'avantage de prendre appui sur un système existant de racines ce qui donne une plus grande résistance aux froids de l'hiver, aux insectes, accroît la tolérance aux conditions défavorables du sol ou permet la sélection et la recherche de meilleures caractéristiques. De nombreuses plantes ligneuses se reproduisent rarement parfaitement selon leur modèle original si l'on procède par ensemencement. C'est pourquoi, si l'on veut augmenter le nombre des sujets ou des portes-greffes, on fait se reproduire les lignées sélectionnées par des moyens végétatifs.

Un tableau, placé à la fin du présent article, énumère les méthodes principales de propagation de certains arbres et arbrisseaux. On trouve les informations suivantes, classées par espèces qui peuvent être utilisées sur les sites miniers septentrionaux :

1. *Abies* - Semis d'automne, ou stratification pendant 60 à 90 jours à 5°C et semis de printemps. Variable. Aussi par boutures.

2. *Alnus* - Semis de printemps avec des semences ayant terminé l'hibernation. Semis d'automne avec semences en hibernation, ou stratification de 60 à 90 jours à 5°C (41°F), puis semis de printemps. Variable. Aussi par bouturage de jeunes tiges feuillues de 1 pied.

3. *Amélanchier* - Semis d'automne, ou stratification de 120 à 180 jours à 5°C (41°F) et semis au printemps. Variable. Aussi par greffage, bouturage, marcottage et éclatage des racines.

Babb, M.F., 1959

4. *Arctostaphylos* - Semis d'automne pour certaines espèces après trempage dans H_2SO_4 pendant 3 à 6 heures. Stratification pour les autres espèces pendant 60 jours à 5°C (41°F). Variable. Aussi par bouturage.

5. *Betula* - Semis de printemps pour les graines mûrissant au printemps. Semis d'automne pour graines mûrissant à l'automne, ou stratification pendant 60 à 75 jours à 5°C (41°F). Aussi par bouturage, marcottage, écussonnage et greffage.

6. *Elaeagnus* - Semis d'automne, ou stratification pendant 90 jours à 5°C (41°F) et semis de printemps. Aussi par bouturage de jeunes tiges feuillues, de racines, par marcottage et par greffage.

7. *Empetrum* - Semis d'automne, ou par bouturage de jeunes tiges feuillues en août.

8. *Juniperus* - Stratification pendant 90 à 120 jours à 25°C (77°F) puis 90 à 120 jours à 5°C (41°F). Très variable. La plupart des espèces supportent le bouturage; quelques-unes se reproduisent par marcottage.

9. *Kalmia* - Semis de printemps en serre. Aussi par marcottage.

10. *Larix* - Semis d'automne, ou stratification pendant 30 à 60 jours à 5°C (41°F) et semis de printemps.

11. *Ledum* - Semis de printemps en serre. Aussi par marcottage et éclatage des racines.

12. *Picea* - Semis de printemps pour les semences n'étant pas en hibernation. Semis d'automne pour les espèces portant des semences en hibernation, ou stratification de ces semences pendant 30 à 90 jours à 5°C. Très variable. Aussi par bouturage et greffage.

13. *Pinus* - Semis de printemps pour les semences n'étant pas en hibernation. Semis d'automne pour les semences en hibernation ou stratification de 30 à 90 jours à 5°C. Très variable. Rarement par bouturage et greffage.

14. *Populus* - Semer les graines dès qu'elles sont mûres. Aussi par bouturage de rhizomes (sauf pour les trembles) et de racines.

15. *Potentilla* - Semer les graines dès qu'elles sont mûres. Aussi par éclatage des racines.

16. *Prunus* - Semis d'automne ou stratification. Certaines espèces doivent être maintenues pendant 90 à 150 jours à 5°C, d'autres pendant 60 à 90 jours à 25°C plus 60 à 90 jours à 5°C. Très variable. Aussi par écussonnage, greffage, et bouturage de rejetons et de racines.

Babb, M.F., 1959

17. *Ribes* - Semer dès que les graines sont mûres ou en automne. Pour le semis de printemps, stratifier pendant 90 à 120 jours. Aussi par bouturage de rejetons et de tiges feuillues.

18. *Rosa* - Traiter avec H_2SO_4 pendant 1 à 2 heures puis procéder à la stratification pendant 90 à 120 jours à 5°C. Aussi par bouturage de tiges feuillues et de racines, écussonnage, rejetons, marcottage et greffage.

19. *Rubus* - Semer quand la semence est mûre ou traiter avec H_2SO_4 pendant 2 heures puis stratifier pendant 90 jours de 20° à 30°C plus 90 jours à 5°C. Aussi par marcottage, bouturage de rejetons, de rhizomes et de racines.

20. *Salix* - Semer les graines dès la récolte. Conserver à l'humidité. Le bouturage de jeunes tiges feuillues est préférable.

21. *Shepherdia* - Semer à l'automne ou stratifier pendant 60 à 90 jours à 5°C. Aussi par rejetons.

22. *Sorbus* - Semer en automne ou stratifier pendant 90 jours à 25°C plus 90 jours à 5°C. Stratifier certaines graines pendant 90 jours à 0.56°C (33°F). Très variable. La germination complète dure entre 2 et 3 ans.

23. *Symphoricarpos* - Semer au printemps et couvrir d'un paillis pour la germination au printemps suivant, ou traiter avec H_2SO_4 pendant 30 à 75 minutes, puis stratifier pendant 30 jours à 25°C plus 180 jours à 10°C. Très variable. Aussi par bouturage de feuillus et de conifères et éclatage des racines.

24. *Vaccinium* - Semer en automne, ou stratifier 150 jours à 5°C. Supporte mieux l'éclatage des racines et le bouturage.

25. *Viburnum* - Semer au printemps ou en début d'été pour la bonne germination au printemps suivant, ou stratifier 120 jours à 25°C plus 60 jours à 5°C et semer au printemps pour la germination au printemps suivant. Aussi par bouturage de feuillus et de conifères et par marcottage.

1. BABB, T.A.

2. 1972

3. High Arctic disturbances studies. (Etudes des perturbations dans le Haut Arctique)

4. In : L.C. Bliss et R.W. Wein, Editeurs, Etudes botaniques sur les habitats naturels et artificiels dans l'est du delta du Mackenzie et les Îles Arctiques, Programme de recherche sur la mise en valeur des terres arctiques, ministères des Affaires indienne et du Nord, ALUR 71-72-14, p. 230-281

5. Original

6. a. Îles Reine-Elisabeth; toundra canadienne

   b. Îles arctiques; morts-terrains, routes

7. Les effets de l'activité humaine sur l'environnement sont ici évalués en différents endroits dans plusieurs îles canadiennes arctiques - Bathurst, Cornwall, Devon, Ellesmere, Ellef Ringnes, Roi-Christian, Mackenzie King et Melville.

Dans les régions arides et sèches qui prédominent dans le Haut Arctique (zones du désert polaire, terrains de boue "encroutée", bordures côtières et zones sableuses), l'aridité de l'environnement est un facteur de limitation beaucoup plus important que les facteurs biologiques et la succession biogénétique suit un processus lent et haché de ré-invasion des espèces déjà présentes. Le rétablissement de la végétation peut prendre entre 5 et 100 ans en fonction : (1) du taux de croissance des espèces présentes et du temps nécessaire à l'établissement initial; et (2) des différentes vitesses de croissance entre les espèces dominantes à croissance rapide (herbes persistantes) et les espèces lentes à s'établir, ayant une durée de vie longue et une croissance lente (*Salix arctica*, *Dryas integrifolia* et lichens). Les espèces convenant le mieux à la ré-invasion des terrains arides sont les plantes qui produisent des graines résistantes et des bulbilles telles que *Papaver radicatum*, *Draba* spp., *Parrya* spp. *Saxifraga* spp., *Oxyria digyna*, *Polygonum viviparum* et d'autres graminées.

La sucession des communautés sur des stations humides (mésiques) et très humides (hydriques) est difficile à évaluer et le mécanisme qui prévaut est l'invasion lente latérale par des rhizomes provenant des racines mères de carex et de graminées présentes sur des terrains limitrophes non-perturbés. Le ré-ensemencement naturel n'est pas courant. Dans certaines contrées, les mousses jouent un rôle bien plus important que les plantes vasculaires lors de la ré-invasion initiale. Le gradient

Babb, T.A., 1972

de température d'une couche active seule peut jouer sensiblement sur le gradient d'humidité de cette couche, sèche en surface et humide à partir de 10 cm. de profondeur, dans la plupart des sols poliares désertiques à grain fin. Le gradient d'humidité important est principalement dû au drainage déficient provoqué par le pergélisol imperméable. Pendant la période estivale, l'humidité des sols à texture fine, situés au contact de la couche supérieure active, accentue l'instabilité des sols, en particulier quand le compactage ou le remplacement des couches de surface augementent la profondeur du dégel. Les variations de l'humidité du sol peuvent suffire pour ralentir la restauration naturelle de la couverture végétale.

1. BABB, T.A. et L.C. BLISS

2. 1974

3. Effects of physical disturbance on arctic vegetation in the Queen Elizabeth Islands. (Répercussions des perturbations physiques sur la végétation arctique dans les îles Reine-Elisabeth).

4. In : Journal of Applied Ecology 11 : 549-562

5. Original

6. a. îles Reine-Elisabeth; toundra canadienne

   b. îles arctiques; morts-terrains, routes.

7. Le présent article décrit certaines des expériences qui ont été réalisées et conduites dans les basses-terres Truelove de l'île Devon et sur d'anciens déblais de différents sites industriels répartis sur l'Archipel arctique canadien. Ces recherches visaient à déterminer les répercussions des perturbations physiques sur l'environnement et à évaluer les capacités de rétablissement des communautés végétales locales et naturelles. Différentes expériences ont été réalisées avec le carex mésolique et des mousses qui, en raison de leur biomasse concentrée et de leur sensibilité aux altérations physiques, constituent les habitats les plus susceptibles de souffrir de dégâts biologiques. Les expériences ont porté sur la densité de passage de véhicules, la suppression de végétation pour simuler l'effet du terrassement (grattage de la surface à l'aide d'un cultivateur à lame "bulldozer"), la taille périodique des parties des plantes au-dessus du niveau du sol en laissant la tourbe et les rhizomes intacts (simulation du pâturage). Des essais de fertilisation et de vaporisation contrôlée d'huile furent ensuite menés sur les deux habitats xériques et mésoïques.

D'autres part, des études ont montré que la couverture végétale ne joue pas uniquement le rôle de barrière isolante contre le flux de chaleur sensible. Il est vrai que la suppression de la végétation et de la tourbe des surfaces de la toundra sud-arctique augmente de 50 à 100% la profondeur atteinte par le dégel, or le remplacement de cette végétation et de cette tourbe par du paillis ne la réduit que de 40%. Les études et expériences décrites dans le présent article ont montré que le dégel et les problèmes qui en découlent sur les stations perturbées sont beaucoup moins importants dans les régions arctiques septentrionales que dans les régions arctiques méridionales, même lorsque la couverture de végétation est relativement dense. Dans le cas du Haut Arctique, une végétation relativement dense forme une sorte de couvert et une couche de mousse trop clairsemée pour modérer suffisamment la quantité d'énergie qui atteint réellement le sol; la suppression de la végétation

Babb, T.A. et L.C. Bliss, 1974

a, par conséquent, peu d'effet sur l'augmentation du flux thermique et sur le dégel qui en résulte. Les auteurs ne veulent pas dire par ces observations que la restauration de la végétation est sans importance dans le Haut Arctique. Ils insistent au contraire sur le fait que la régénération de la flore est souhaitable d'un point de vue esthétique et écologique là ou elle a été altérée et abîmée. La destruction de la végétation dans certaines régions ayant une couverture haute est, au mieux, indécelable et, au pire, risque de réduire sérieusement les disponibilités de fourrage pour les herbivores locaux.

Les plantes les plus aptes à la ré-invasion des stations complètement dénudées sont celles qui produisent le plus de graines ou de bulbilles (*Papaver radicatum*, *Draba* spp., plusieurs graminées, *Oxyria digyna*, *Polygonum viviparum* et autres). Les espèces persistantes à croissance lente (*Salix arctica*, *Dryas integrifolia* et *Saxifraga oppositifolia*) n'apparaissent que beaucoup plus tard. Les mousses apparaissent normalement rapidement sur des micro-sites favorables et, lorsque des espèces vasculaires apportent une protection supplémentaire contre le vent et la sécheresse, elles se développent et se multiplient en même temps que les espèces plus grandes. Les lichens poussent de façon extrêmement lente et on n'a pas pu constater de cas de ré-invasion réussie.

Dans des circonstances particulières, certaines espèces sont favorisées par les perturbations. Ces espèces ont été appelées hémérophiles. Lorsque la reconstitution de la végétation est nécessaire sur des sites où il importe de stabiliser ou de renouveler la couche organique, on pourra utiliser : *Arctogrostis latifolia*, *Puccinellia angustata*, *Alopecurus alpinus*, *Poa alpigena* var. *colpodea*, et *Cerastium alpinum*.

L'environnement extrêmement dur du Haut Arctique limite les possibilités de la restauration de la végétation. Tandis que la couverture végétale sur une grande partie des chantiers miniers est trop clairsemée pour garantir la réussite des tentatives de réadapatation de la flore, certaines régions bien couvertes peuvent bénéficier avantageusement des efforts humains faits pour stimuler la repousse. Le succès d'un ré-ensemencement risque d'être limité en raison des températures estivales défavorables aux espèces végétales extérieures et du fait de la rareté des sources de graines locales. Il semble que la fertilisation apportera de bons résultats et qu'elle sera utile là où l'on souhaite rétablir la couverture végétale sans se préoccuper de la composition du peuplement végétal. Cependant, cette pratique ne conviendra pas à tous les cas dans la mesure où les variations de communautés provoquées par la fertilisation peuvent défavoriser des dominants importants (exemple, *Dryas integrifolia*).

1. BAYLES, F.D. et M.A. DUDLEY

2. 1976

3. Stable seed sheets - an alternative approach to revegetation (supports stables pré-ensemencés - une méthode pour la reconstitution de la flore).

4. In : Comptes rendus de la séance d'inauguration de l'Association canadienne pour la mise en valeur des terres, département des sciences des cultures, Ontario Agricultural College, Université de Guelph, Guelph, Ontario, p. 1-17

5. Original

6. a. New Jersey; région forestière orientale

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; morts-terrains, routes, déblais

7. Description d'ume méthode utilisant des supports en polymère hydrosoluble contenant des semences. Ces plaques-supports sont stables, faciles à entreposer et facile à poser sur le sol à partir de rouleaux ou de grandes plaques. Leur formule de composition chimique est adaptable pour une grande diversité de régions climatiques avec une gamme étendue de conditions de précipitation. Elles sont conçues de façon à permettre le contrôle de la vitesse de leur dissolution et à fournir la cohésion suffisante du sol où elles reposent jusqu'à ce que le système des racines soit constitué. Ces plaques contiennent la semence, les engrais, les herbicides et d'autres additifs nécessaires au développement rapide d'une couverture végétale capable de contrôler l'érosion et de stabiliser le sol porteur. L'un des avantages est que ces plaques permettent une distribution uniforme et une concentration optimale des semences que l'on applique par une opération simple qui peut être répétée sans problème. Il suffit de coucher la plaque sur le sol que l'on veut consolider où elle crée un micro-environnement conduisant à la germinaiton et à la croissance des plantes.

Des expériences ont été menées dans le New Jersey avec sept variétés de semences utilisées couramment pour la reconstitution de la flore (luzerne, grand chiendent, pâturin des prés Baron, trèfle Alaska, mélilot blanc, vesce couronnée, lotier corniculé) ainsi qu'avec un mélange de semences composé de pâturin des prés, fétuque rouge rampante, ivraie et agrostide vulgaire. Cette étude visait à déterminer les effets de l'encapsulage ou enrobage des semences pour leur germination et leur croissance. D'une manière générale, les dicotylédons ont germé plus rapidement que les monocotylédons mais ont créé peu de racines. A l'inverse, les monocotylédons ont eu une germination lente mais une

Bayles, F.D. et M.A. Dudley, 1976

vitesse de croissance des racines excellente. On a remarqué que l'encapsulage des semences dans une plaque-semis a eu peu d'effet sur l'évolution générale de la germination et de la croissance. Les plaques ensemencées placées au champ ont germé en 9 jours avec une faculté de germination égale à 75% après 18 jours.

Des études comparatives ont montré que les coûts de production de plaques-semis, de préparation et de pose des plaques concurrencent ceux des autres techniques utilisées pour la constitution de la végétation sur les déblais miniers. Ces plaques sont produites par la société Canada Wire and Cabble qui cherche actuellement à les commercialiser et à obtenir des licences pour cette technologie.

1. BAYNE, D.A.

2. 1975

3. Revegetation of tailings areas at vacated mines near Carcross, Yukon Territory. (Constitution de la végétation sur des amas de résidus miniers de mines abandonnées près de Carcross, Territoires du Yukon).

4. Compte rendu remis à K.W. Gullen, Section des ressources hydrauliques, ministère des Affaires indiennes et du Nord, Whitehorse, Yukon. 15 pages.

5. Original

6. a. Yukon; Yukon méridional

   b. Yukon méridional; déblais miniers

7. Cet ouvrage contient les résultats d'une étude de faisabilité portant sur la reconstitution de la flore sur deux amas de résidus miniers, l'un sur la Arctic Mine (60 08 N, 134 43 W, altitude 3400 pieds), l'autre sur la Venus Mine (60 03 N, 134 35 W, altitude 2200 pieds), toutes deux situées à proximité de Carcross et abandonnées depuis plusieurs années.

Aucun développement n'a pu être obtenu sur les parcelles expérimentales en raison de la forte acidité du sol (où le pH variait entre 2.0 et 2.3). Les méthodes utilisées au cours de cette étude n'ont rien donné sur ces substrats extrêment acides à haute teneur en acide sulfurique. La faiblesse du pH augmentait la solubilité de l'aluminium et du manganèse, atteignant tous les deux des niveaux toxiques. Le manganèse est un élément essentiel dans la vie végétal mais devient toxique quand sa concentration atteint 5 ppm. L'étude granulométrique a montré que les particules fines de ces déblais ont tendance à floculer ce qui signifie que le substrat est composé de plusieurs colloïdes argileux non dissociés.

Le chaulage est une des solutions pour lutter contre la faiblesse du pH des déblais miniers de l'arctique mais les quantités exigées sont énormes. La solution la meilleure serait de procéder à un chaulage partiel associé à une sélection soignée d'espèces végétales résistantes et supportant de telles conditions d'acidité. Le fait de ramener le pH à 5.0 permettrait l'implantation et l'invasion des déblais par des plantes résistant aux acides.

La plupart des plantes qui ont été expérimentées sur la Venus Mine ont germé mais ont manifesté des capacités de croissance diverses à la fin de la première saison de croissance. Parmi onze espèces expérimentales le chiendent tenu et la fétuque rouge rampante sont celles qui se sont le mieux développées et on a vérifié que l'épandange d'engrais 10-30-10 à raison de 1000 lb/acre a donné les meilleurs résultats.

Bayne, D.A., 1975

Le chiendent tenu se développe bien quand l'humidité est suffisante et s'accomode des sols salins. La fétuque rouge rampante est originaire du nord de l'Alberta et convient parfaitement aux habitats nordiques et aux habitats en altitude.

La mine Venus pourrait recevoir une nouvelle couverture végétale de façon relativement économique en utilisant un mélange équilibré de ces deux espèces en association avec du brome inerme, du mil léger et du trèfle ensemencé. Ce genre de mélange est composé de plantes persistantes appartenant aux deux systèmes à rhizomes et à racines fibreuses; les nodules des racines de légumineuses devraient assurer le cycle de l'azote et les graminées pourraient alors servir de pâturage. Les déblais miniers de la mine Venus sont chimiquement neutres (pH 7.2 et pH 7.0 pour les deux échantillons de sols) et les problèmes principaux qui s'y posent et gênent la croissance des plantes sont la déficience azotique, phosphorique et potassique et la présence d'une salinité variable entre un niveau moyen et un niveau élevé (concentration des ions sulfates).

Des applications ultérieures d'engrais seront peut-être nécessaires pour maintenir les niveaux des éléments nutritifs, surtout si la matière organique provenant des plantes en voie de décomposition met beaucoup de temps à se putréfier et à devenir assimilable par les autres plantes. Sauf exception, les plantes de la première année ne produiront pas de graines. La surveillance et le contrôle à long terme de l'opération sont nécessaires pour veiller à ce que la communauté soit en mesure de se régénérer et il est possible qu'un ensemencement ultérieur s'avère nécessaire.

L'auteur recommande une liste d'ouvrages pour permettre de faire des comparaisons avec d'autres études similaires.

1. BELL, K.L.

2. 1975

3. Aspects of seed production and germination in some high arctic plants. (Quelques aspects de la production et de la germination des semences de quelques plantes du Haut Arctique).

4. In : Bliss, L.C., Éditeur, Plant and surface responses to environmental conditions in the western High Arctic, ministère des Affaires indiennes et du Nord, ALUR 74-75-73, p. 62-72

5. Original

6. a. Îles Reine-Elisabeth; toundra canadienne

   b. Îles arctiques; morts-terrains, routes

7. Bien que la production, la germination des semences et la survie des jeunes plants soient en général réduites dans les habitats les plus difficiles de la toundra, nous avons tous intérêt à bien comprendre le processus de la reproduction des semences des espèces arctiques dans la mesure où, si cette reproduction réussit, l'ensemencement des graines est une méthode relativement simple pour assurer la reconstitution de la flore sur les sites perturbés. Dans ce compte rendu, l'auteur décrit les expériences qui ont été réalisées pour déterminer la possibilité d'ensemencer pour constituer une couverture végétale en région polaire semi-désertique. La production et la germination de semences dans les conditions rencontrées sur le terrain et la survie des jeunes pousses ont constitué les sujets de recherche; des recherches complémentaires sur le contrôle de l'environnement ont été réalisées pour déterminer les conditions optimales de germination.

Dans un centre d'étude située sur l'île Roi-Christian, de nombreuses espèces n'ont pas réussi à s'implanter ou ont atteint des taux faibles d'implantation en 1973. Au moment des gelées d'automne en 1973, 13 espèces sur 23 ont fleuri mais n'ont pas réussi à produire leurs semences à maturité ni à les disperser. Les inflorescences de 16 espèces de plantes qui s'étaient développées en 1973 mais n'avaient pas réussi à produire leurs graines ont été soumises à l'étude en juillet 1974. On put constater qu'elles étaient toutes fragiles et qu'elles contenaient des graines désséchées. Aucune des graines, ensemencées par la suite, ne fut viable à l'exception de *Potentilla hyparctica* et *Cerastium alpinum*. En 1973, de nombreuses espèces arrêtèrent leur développement à l'anthèse avant la fin du court été. Une seule espèce, la *Saxifraga cernua*, a réussi à produire des hyphes.

Bell, K.L., 1975

On a constaté une germination réduite sur un certain nombre d'habitats. Sur 3 425 graines semées à la fin juin, seule 142 ont germé dont 75 ont survécu jusqu'au 20 août. Il y eut deux périodes de germination accrue après chaque fonte des neiges. Soixante-cinq semences ont germé après une semaine d'ensemencement à la fin du mois de juin. Seules 18 semences ont germé entre le 10 juillet et le 10 août. Du 10 au 15 août, la neige est tombée et a fondu plusieurs fois dans cette période. Cinquante-huit semences ont germé pendant et après cette période de chute de neige.

La germination est apparue, de façon consécutive à l'humidité du sol en surface. Aucune graine n'a germé sur les landes à lichen. La germination a été très lente sur les déblais miniers non-ameublis ainsi que sur les sols fangeux et crevassés des landes : leur faculté germinative respective fut de 0.3% et 1,3%.

Les couvertures de mousse dans les prairies retiennent l'eau autour des graines et la faculté germinative générale fut de 4.2% sur les prairies sèches et de 9.2% sur les prairies humides. Les semences enfoncées profondément dans les crevasses du sol labouré ont aussi assez bien germé. donnant une faculté germinative de 4%.

Bien que la reproduction naturelle des semences soit lente, il est avantageux de procéder à l'ensemencement pour assurer la constitution de la flore. Les taux faibles de production de graines dans la partie nord-ouest de l'archipel canadien rendent la collecte des graines difficile. Ces semences pourraient être récoltées plus aisément à proximité de Resolute sur les terrains de décharge des détritus ou, sinon, dans les îles nord-orientales. L'établissement de la *Phippsia algida* sera grandement aidé si la semence est germée avant d'être semée, ce qui permet d'éviter le décalage avant la germination. Les semences germeront sans doute mieux si on les conserve tout d'abord dans une eau à 1°-2°C pendant quatre semaines avant de les placer dans une eau peu profonde à 12°C. Dans la mesure où la mortalité des jeunes pousses sera probablement élevée, on pourra la réduire en passant le rouleau sur le sol ensemencé. Dans de telles conditions, le ré-ensemencement des terrains dénudés peut avoir quelque chance de réussir.

1. BELL, K.L.

2. 1975

3. Root adaptations to a polar semi-desert (Adaptations des racines aux régions polaires semi-désertiques).

4. In : Bliss L.C., Éditeur, Plant and surface responses to environmental conditions in the western High Arctic, ministère des Affaires indiennes et du Nord, ALUR 74-75-73, p. 21-61.

5. Original

6. a. Îles Reine-Elisabeth; toundra canadienne

   b. Îles arctiques; morts-terrains, routes

7. Dans les régions du Bas Arctique, les parties souterraines de la plante constituent le volume le plus important de la biomasse des plantes vasculaires. A l'inverse, dans les régions polaires semi-désertiques, 50% à 80% de la biomasse végétale est répartie au-dessus du sol. Les raisons de cette réduction apparente de la croissance des racines dans les régions polaires désertiques ne sont pas bien connues et la présente étude a été conçue pour répondre à cette question. L'auteur suggérait que la compréhension des conditions limitant la croissance des racines serait particulièrement utile pour la mise au point de techniques efficaces de reconstitution de la végétation. La réduction extrême de la croissance des racines dans les régions polaires semi-désertiques amène à penser que les plantes s'accommodent plus de l'espace aérien que de l'environnement édaphique qu'elles considèrent plus hostile. Par conséquent, qu'il s'agisse de transplantation ou de ré-ensemencement, la sélection des espèces ayant la capacité maximale de croissance de leur système racinaire dans les sols très froids peut jouer un rôle déterminant. La présente étude a porté sur la croissance des systèmes racinaires dans un semi-désert polaire de l'Île Roi-Christian, T.N.O. L'un des objectifs était d'identifier les espèces convenant à la reconstitution de la flore et de déterminer les méthodes de reconstitution ayant le plus de chances de réussite. On a ainsi étudié la position et la forme des racines des espèces locales; on a mesuré les taux de croissance en fonction de différents habitats; on a recherché les effets de la température du sol sur la croissance des racines; et on a évalué le rôle des racines dans l'économie générale de la plante.

La morphologie des racines a été étudiée sur 30 des 32 espèces végétales rencontrées sur l'Île Roi-Christian. Les plantes adultes de 12 espèces ont des racines pivotantes toutes assez courtes, inférieures à 5 cm en général, avec un maximum de 18 cm pour la *Draba bellii*, de 28 cm pour la *Potentilla hyparctica*, et de 33 cm pour la *Papaver radicatum*. Toutes

les espèces, à l'exception d'une seule *(Cochlearia officinalis)* ont de nombreuses racines adventives. Les racines sont pour ainsi dire toujours concentrées dans la moitié supérieure du substrat actif. Les profondeurs maxima de dégel varient entre 39 cm et 62 cm pour les années 1973 et 1974, les couches actives les plus profondes se rencontrant dans les zones sèches. Dans les terrains les plus zériques, compris entre les landes à lichen et les prairies sèches, la profondeur maxima atteinte par les racines est d'environ 25 cm et la plupart des racines des espèces les plus grandes atteignent environ 15 cm de profondeur. Au sommet des déblais, les racines pénètrent librement mais sont concentrées sous les petites dépressions de surface. Sur les zones de prédilection des lemmings, les racines, pour la plupart, pénètrent droit dans la couche de mousse jusqu'à 20 cm de profondeur, quelques unes atteignant 40 cm de profondeur dans les terrains meubles et humides.

A l'exception de *Alopecurus alpinus* et de *Cochlearia officinalis*, les racines des autres espèces se sont montrées peu aptes à constituer des réserves. On a par contre rencontré des tissus de réserve d'hibernation dans les feuilles persistantes de toutes les espèces ainsi que dans les rhizomes étendus de *Alopercus* et de *Luzula confusa*.

On a pu constater qu'il y a une sélection importante qui favorise les plantes à systèmes racinaires adventifs. Plusieurs paramètres semblent jouer pour ces systèmes. Le risque de cassure, provoquée par les mouvements naturels du sol, doit être moins important pour un système racinaire adventif que pour un système racinaire pivotant à racines latérales. Les racines adventives formées près de la surface du sol doivent constituer un canal de dérivation venant en remplacement des racines enfouies profondément qui demeurent gelées jusqu'à la période de dégel. La forte résistance aux mouvements de l'eau dans les tissus végétaux froids doit aussi être partiellement corrigée par les racines adventives apparaissant le long des tiges tombantes. En dernier lieu et en ce qui concerne les espèces qui se multiplient par voie végétative (asexuée), les racines adventives jouent un rôle important dans l'établissement de nouvelles plantes. Dix espèces au moins sur l'île Roi-Christian semblent dépendre considérablement de la multiplication asexuée et leurs systèmes racinaires adventifs sont bien développés.

Bien que le processus d'amoncellement des déblais soit très rapide sur l'île Roi-Christian, il semble que la végétation vasculaire joue un rôle important dans la stabilisation des sols. L'exemple le plus remarquable est sans doute celui de la stabilisation des berges fluviales par *Phippsia algida*. *Alopecurus Alpinus* semble aussi empêcher l'érosion rapide des surfaces altérées comme les pistes d'atterrissage.

Bell, K.L., 1975

L'auteur souligne le fait que l'établissement des plantes sera très lent à partir du moment où le sol est perturbé et que, par conséquent, il conviendrait de ne pas utiliser d'espèces à croissance rapide pour des opérations de reconstitution de la flore. Trois espèces propres à l'Île Roi-Christian possèdent des caractéristiques combinées avantageuses : l'*Alopecurus alpinus*, la *Puccinellia vaginata* ont toutes les trois une rapide croissance de leurs racines et remplacent entièrement leur système racinaire vivant toutes les deux ou trois saisons de croissance; elles souffrent donc moins de risques de détérioration des racines au moment de leur transplantation par rapport aux espèces qui ont des racines à durée de vie longue. Les racines de l'*Alopecyrys alpinus* pénètrent profondément et largement dans le sol, ce qui augmente encore l'effet de stabilisation du sol. Ses rhizomes sont capables de se développer en-dessous des surfaces fortement désséchées: on peut donc utiliser ces plantes sur des sols extrêmement xériques. L'élasticité des racines de *la Phippsia algida* et de la *Pucinellia vaginata* rend ces plantes très intéressantes pour la reconstitution de la flore sur des sols où les mouvements provoqués par le froid et le glissement des pentes compromettent fortement l'établissement de la couverture végétale. La *Phippsia* convient en particulier aux sols humides mobiles tandis que la *Puccinellia vaginata* convient bien aux sols les plus secs.

Le ramassage des semences de ces espèces est difficile, d'une part parce qu'elles ont du mal à se former et, d'autre part, si elles sont parvenues à maturité, parce qu'elles sont très difficiles et fastidieuses à ramasser. L'auteur pense que ces semences doivent être plus aisément ramassées dans des habitats moins hostiles. La *Phippsia* et l'*Alopecurus* poussent par exemple en abondance selon une phénologie avancée sur les terrains de décharge de détritus à Resolute Bay. On peut aussi utiliser la technique du repiquage de semis ou de plants pour la reconstitution de la flore, surtout si l'on compte employer l'*Alopercurus*. Les plants de cette espèce sont particulièrement abondants et semblent assez résistants dans le cas de perturbations importantes du sol. C'est un colonisateur naturel des sols perturbés, poussant mieux sur les surfaces légèrement rugueuses (relief de 1 à 5 cm) que sur les surfaces lisses. Les petits amoncellements, rencontrés sur les surfaces rugueuses, contenant des talles d'*Alopecurus* constituent des centres de croissance d'où les rhizomes s'étendent largement. Les jeunes plants de repiquage de *Phippsia algida* seront probablement très utile pour les terrains détrempés où interviennent en particulier les mouvements dus au gel et la gélifluxion. Le long des cours d'eau, la *Phippsia* s'établit naturellement sur les mottes amassées sur les rives. On pourra faciler récolter des plants des deux espèces dans ces endroits où ils sont abondants. L'*Alopecurus* dont la croissance maximum des racines se situe au début de l'été devra être repiqué dès que possible après la fonte des neiges; la *Phippsia* dont les taux de croissance des racines sont plus réguliers pourra être repiquée un peu plus tard.

Bell, K.L., 1975

L'*Arctagrostis latifolia* et le *Calamagrosris canadensis*, deux graminées utilisables pour la constitution de la flore dans la région du delta du Mackenzie, ont été mises à l'étude au champ de l'île Roi-Christian. Elles conviennent à de plus longues saisons de développement et ne semblent pas pouvoir s'affermir assez tôt et suffisamment pour être utilisées dans le Haut Arctique. Il semble cependant que des lieux d'origine de semences, tels que l'île Cornwallis, conviennent mieux aux conditions rencontrées sur l'île Roi-Christian. L'auteur conclut en disant que, dans l'attente de prochaines études pouvant définir des méthodes d'utilisation d'espèces provenant des régions arctiques méridionales pour la constitution de la flore sur les terrains semi-désertiques polaires, les espèces originaires du Haut Arctique sont celles qui actuellement offrent le plus de chances de réussite.

1. BELL, K.L. et L.C. BLISS

2. 1973

3. Alpine disturbance studies : Olympic National Park, U.S.A. (Etudes des perturbations de terrains alpins, Olympic National Park, E.U.)

4. Biological Conservation 5:25-32

5. Original

6. a. Washington; montagnes côtières

   b. Région alpine; routes

7. Les répercussions des perturbations pédologiques dues au passage répété de l'homme et au percement de routes ont été étudiées dans une région alpine du parc national Olympic, dans l'état de Washington.

En 1937-1938, une route a été construite dans des régions alpines et subalpines hautes et depuis cette construction, l'invasion par les plantes a été lente tandis que la diversité des espèces et la densité de couverture ont été fortement réduites; la composition de la communauté végétale, enfin n'est plus la même qu'à l'origine. Trois types d'habitats sont apparus : (1) la percée routière elle-même sur un fond rocheux et sur des éboulis; (2) le remblai sous la route; et (3) le substrat stable à la base du remblai. La chaussée et le remblai demeurent essentiellement nus sans altération pédologique. Quelques plaques de gazon se sont implantées sur le déblai supérieur qu'elles ont attaqué et ont commencé ainsi le seul établissement végétal. *Phlox diffusa* et *Calamagrostis purpurascens* sont assez fréquents sur les plus anciennes couches herbeuses tandis que l'*Achillea millefolium* spp. *lanulosa* var. *alpicola* ou la *Phacelia sericea* se sont établies plus récemment. Le substrat stable à la base du remblai a une couverture dense inhabituelle (96%) de *Juniperis communis* var. *montana*, de *Festuca idahoensis* ainsi que de *Phlox* et *Achillea*. La stabilité, la neige fondant plus profondément et plus tard l'écoulement des eaux en provenance des pentes en amont contribuent à l'humidité nécessaire à ces plantes.

La couverture végétale sur les éboulis situés au dessus de la route a été réduite de 75% et le remblai en dévers de la route a été décolonisé à 95%; ces chiffres sont obtenus par comparaison avec les zones non-perturbées situées au dessus de la route.

Les percées en prairie subalpine connaissent une colonisation végétale bien plus importante surtout à plus faible altitude. La couverture végétale devrait pouvoir être augmentée dans les régions subalpines par transplantation de plaques de gazon et par application de paillis en surface pour le contrôle de l'érosion.

Bell, K.L. et L.C. Bliss, 1973

Les endroits ayant des bandes de végétation d'éboulis paraissent avoir un mouvement descendant qui est plus grand au centre des striures de la roche. Ce mouvement dérive de la présence de la végétation et de l'angle d'inclinaison de la pente. Une progression de 3.5 à 4.5 cm/an est une moyenne raisonnable, ce qui explique pourquoi les pentes à forte déclivité sont dépourvues de végétation.

L'influence du passage répété de l'homme sur la végétation est désastreuse. En comptant qu'environ 1 200 personnes viennent se promener au moins une fois en quatre semaines, on constate que la couverture végétale et la production végétale annuelle nette subissent une baisse de 2% à 5% par rapport à celles existant dans les régions non-perturbées.

Des études comparables, réalisées sur le Trail Rdige des Rocheuses du Colorado, ont montré que la végétation, après 25 ans de passage de visiteurs, mettra entre 500 et 1 000 ans pour revenir à son maximum.

1. BERDUSCO, R.J.

2. 1974

3. A case study and analysis of the reclamation of three surface coal mines in the Crowsnest Pass region of British Columbia. (Étude de cas et analyse de la mise en valeur de trois mines de charbon à ciel ouvert dans la région de Crowsnest Pass en Colombie-Britannique)

4. Université de Colombie-Britannique, Vancouver, C.B. Thèse B.S.F. 76 p.

5. Original

6. a. Colombie-Britannique; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; morts-terrains de recouvrement

7. Cette thèse est une étude de cas, réalisée en 1973 par Kaiser Resources Ltd, portant sur les implications écologiques, économiques et sociales de la revalorisation de trois mines de charbon à ciel ouvert relativement petites situées dans la contrée de Crowsnest Pass. La mine Erickson et la mine Baldy furent abandonnées respectivement en 1948 et en 1956 et ne furent pas soumises à la loi de Réglementation de l'exploitation des mines de charbon. Par contre, la troisième mine McGillivray y fut soumise.

Une grande variété de dépôts et déblais superficiels couvrent ces mines, allant du dépôt morainique d'ablation, de grande épaisseur, au dépôt de graviers, aux plaines alluviales de hautes eaux et aux cônes d'éboulis dans le fond des vallées. Les sols ou gris podzoliques boisés ou bruns podzoliques ou bruns boisés ont un pH variant entre 6.4 et 7.8 pour ceux qui sont situés entre 1 100 m et 1 370 m d'altitude et un pH variant entre 5.2 et 7.0 pour ceux qui sont situés entre 1 370 m et 2 040 m d'altitude.

Les trois mines ont de nombreuses pentes dont l'exposition varie entre le sud et l'ouest. Des sols calcaires, grossiers bien drainés sont communs aux trois mines. Ils subissent tous la contrainte physiologique de la sécheresse ce qui explique pourquoi les versants portent surtout des communautés de graminées arbustives.

Les premières étapes de restauration de la végétation furent tout d'abord l'étude et l'analyse de photographies aériennes et l'étude approfondie de la flore établie autour des mines afin de pouvoir dresser une liste des espèces végétales représentées. Les espèces à utiliser pour la reconstitution de la flore purent ainsi être sélectionnées à partir de cette liste. La classification de l'inventaire des terres du Canada est principalement orientée sur le gros gibier et

Berdusco, R.J., 1974

c'est en fonction de cela qu'a été défini l'objectif de réhabilitation de la région, incluant le rétablissement du réseau hydrographique et des fonctions esthétiques de la région.

Un programme à trois niveaux de mise en valeur fut établi pour chaque site minier : préparation, ensemencement et plantation.

Sur la mine McGillivray (10.5 ha = 26 acres), il fallut procéder à une opération extensive de reprofilage des pentes pour stabiliser le sol, contrôler le drainage et l'érosion et pour constituer un substrat convenable pour le développement des plantes. On put ensuite procéder à l'établissement d'une carte avec les courbes de niveau de l'ensemble de la mine afin de définir les points et les pentes convenant à la reconstitution de la flore. Les versants orientés au sud et au sud-ouest furent plantés d'espèces arbustives. Des graminées et des légumineuses furent aussi semées sur l'ensemble du terrain préparé sauf quand la déclivité dépassait 30^{o}.

Les arbres plantés comprenaient des carolins noirs, des peupliers faux-tremble, des érables Manitoba, des bouleaux blancs d'Europe (*Betula verrucosa*), des pins (*Pinus contorta* var. *latifolia*) et des pseudotsugas de Douglas. Les carolins, les érables Manitoba et les peupliers faux-tremble furent réduits à l'état d'arbustes selon leur exposition ou selon qu'ils furent broutés par les animaux. Les graminées et les légumineuses furent semées à partir d'un mélange variable d'espèces persistantes, dont le mélilot comme culture-abri. La plantation et l'ensemencement furent réalisés au début du printemps lorsque le sol atteint son maximum d'humidité.

Les graminées et les légumineuses furent semées à raison de 44 lb/acre aussitôt après l'épandage de l'engrais N_{14} P_{14} K_7 à raison de 212 lb/acre. L'engrais et les semences furent appliqués avec des semoirs à main du type "cyclone" et enfouis à la herse en suivant autant que possible les courbes de niveau. Les arbres et les arbustes furent plantés à la main à l'aide d'un pic-pioche. Le stock de jeunes plants était à racines nues à l'exception du carolin noir pour lequel on utilisa des boutures racinées ainsi que des semis naturels. On a aussi préféré procéder au repiquage sur des microsites favorables plutôt que selon l'intervalle conventionnel 6 x 6.

L'évaluation préliminaire des résultats a permis de constater une survie à 50% des espèces résineuses et à 80% des espèces feuillues tandis que les graminées et les légumineuses se sont bien établies. Le coût total de la reconstitution de la flore (ensemencement, fertilisation, hersage et plantation) s'est élevé à $3 774 pour 26 acres soit $149/acre.

Berdusco, R.J., 1974

Quelques problèmes non prévus au départ ont été soulevés : (1) une érosion importante des pentes en précipice sans végétation; (2) le ravinement le long de la pente continue sur le flanc occidental de la mine; (3) le broutement subi par le stock nouvellement planté a provoqué l'arrachage des semis; (4) les dégâts prévisibles subis par la végétation en hiver et au début du printemps et provoqués par les auto-neiges; (5) les dégâts prévisibles subis par les semis le long des pentes continues sous l'action du fluage par la neige.

La mine Erickson fut abandonnée avec 12 ha (30 acres) d'amoncellements de morts-terrains à la surface détrempée et sensible à l'érosion et qui, 25 ans après, a peu de végétation. Ces terrils furent renivelés et on procéda à l'établissement d'une carte avec courbes de niveau de façon à délimiter les zones les plus favorables à l'ensemencement et à la plantation. Les mêmes espèces d'arbres, de graminées et d'arbustes, qu'à la mine McGillivray, furent utilisées à l'exception du pin *Pinus contorta*. Il n'y avait pas de variations de microsites sur ces terrils renivelés, si bien que les arbustes et les arbres ont pu être plantés espacés de 10 x 10; les conifères des pentes orientées entre l'ouest et le sud-ouest ont été plantés à l'intervalle de 6 x 6.

Les études préliminaires ont permis de constater que le pourcentage de survie a été de 0% pour les conifères, de 80% pour les feuillus et les arbustes et que les graminées et les légumineuses se sont bien établies.

Le coût de la reconstitution de la flore (ensemencement, fertilisation, hersage et plantation) s'est élevé à $3 543, soit $118/acre. Le passage des auto-neiges et le fluage par la neige sont deux obstacles à la reconstitution de la flore.

La zone étudiée à la mine Baldy, était constituée principalement par un poussier de charbon et une longue pente inclinée à 37° après la fin de l'exploitation minière, avec de profondes ravines d'érosion. Abandonnée depuis 25 ans, la mine n'a pas été recolonisée par la végétation.

La première étape de mise en valeur visait à réduire à 25° la déclivité à mi-chemin et dans la partie inférieure de la pente. Le matériau composant la partie supérieure de la pente empêchait le renivellement. Six parapets hauts de dix pieds (3.0 m) furent remblayés au bulldozer pour empêcher le ravinement par les eaux de ruissellement et pour conserver l'humidité du sol. On réussit à stopper l'érosion de ravinement sauf pour les intervalles compris entre les pentes renivelées et les parapets.

La restauration de la flore sur cette pente orientée principalement au sud fut réalisée avec des essences de feuillus et des arbustes. Des graminées et des légumineuses furent plantées avec du mélilot servant de culture abri. Plantations et ensemencements furent faits au printemps.

Berdusco, R.J., 1974

Le hersage fut effectué rapidement après sur les pentes inférieures en suivant autant que possible les courbes de niveau. On procéda à un ensemencement de regarnissage de la pente supérieure, mais les oiseaux ont consommé une grande partie des graines.

Le pourcentage de survie des arbres et des arbustes a été estimé à 90%; les graminées et les légumineuses ne se sont établies qu'après le hersage de la surface. Le coût total de l'opération s'est élevée à $2 469, soit une moyenne de $165/acre.

Les sols noirs et la texture fine de cette pente détrempée et orientée au sud ont posé des problèmes de température, une érosion importante et un manque de retenue de l'eau. Plusieurs plantes ont montré des zones de brûnissures par le soleil au niveau de l'interface sol-air. Le broutement des herbivores (cerfs, orignaux) causa aussi un problème puisque les plantes sont arrachées par cette action.

1. BERG, W.A.

2. 1974

3. Grasses and legumes for revegetation of disturbed subalpine areas. (Graminées et légumineuses pour la restauration de la flore dans les régions alpines perturbées).

4. In : Revegetation of High-Altitude Distrubed Lands, Comptes rendus d'un groupe d'étude de Fort Collins, Environmental Resources Center, Information Series No. 10, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, p. 31-43

5. Original

6. a. Colorado; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; morts-terrains, routes, déblais

7. Les espèces sélectionnées pour l'ensemencement devraient refléter les objectifs à long terme de la mise en valeur des terres ainsi que la connaissance des caractéristiques de développement, de la longévité, de la capacité de multiplication et des problèmes spécifiques de chaque espèce. Dans le présent article, les espèces convenant aux régions subalpines sont regroupées en fonction de leur capacité, de leur disponibilité commerciale d'approvisionnement pour leur utilisation dans la reconstitution de la flore sur les sols perturbés.

Les espèces qui ordinairement s'établissent bien et qui se sont montrées résistantes dans le domaine subalpin comprennent des lycopodes (Vulpin agreste et vulpin rampant) et le brome. Les lycopodes sont probablement les seules espèces disponibles subalpins les plus élevés. La graine de lycopode est cotonneuse et doit être associée à un élément porteur (cuticule de riz) pour son emploi en semoir mécanique.

La variété "Manchar" du brome inerme s'est montrée particulièrement résistante en raison, probablement, de son systèmes à rhizomes. La vigueur du semis est bonne et la semence est assez économique et de manipulation aisée. Le brome inerme a de grands besoins d'azote et dominera l'ensemble du matériel sur plant s'il est suffisamment fertilisé.

On trouvera ci-après les espèces qui s'établissent bien mais qui ne sont pas persistantes en domaine subalpin :

1. fléole - une graminée caspiteuse bonne pour l'ensemencement en plein grâce à sa graine sphérique qui pénètre dans les crevasses du sol; elle meurt après 5 ou six ans, plus tard dans les endroits humides.

Bergg, W.A., 1974

2. chiendent tenu - une graminée caspiteuse originaire du domaine subalpin mais la semence commerciale ne produit pas de graine viable et le matériel sur plant dépérit après quatre ou cinq ans; les graines locales peuvent durer 10 ans et produire d'autres graines.

3. fétuque roseau - une graminée caspiteuse moins persistante mais d'une capacité certaine à faible altitude pour les endroits fréquentés par les piétons.

De nombreuses espèces semblent prometteuses et peuvent présenter une utilité particulière : la fétuque dure, le brome alpestre, l'alpiste roseau et quatre chiendents (intermédiaire, pubescent, des berges, de l'ouest). Un écotype rhizomateux résistant de chiendent de l'ouest a été découvert et convient parfaitement pour la colonisation de sols perturbés et de certains déblais industriels dans le domaine subalpin.

Les légumineuses sont particulièrement intéressantes pour les terrains perturbés pauvres en azote. Les espèces commerciales pour le domaine subalpin supérieur sont assez limitées : luzerne, mélilot (convenant mieux aux sols humides à moindre altitude), tragacanthe cicer, lotier corniculé, vesce couronnée, trèfle rouge et trèfle hybride. La plupart ont peu de vigueur phénotypique à l'exception de la luzerne. L'ensemencement avec le *Rhizobium* approprié à chaque espèce est de rigueur.

1. BERRY, C.B.

2. 1970

3. Revegetation program tailings pond dyke (Programme de reconstitution de la flore pour les digues de réservoirs, remblayées avec des résidus miniers).

4. Great Canadian Oil Sands Limited. Comptes rendus un et deux. Non-publiés. Pagination variable.

5. Original

6. a. Alberta; taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie; Yukon méridional; résidus miniers

7. Dans ces deux rapports préliminaires d'essais de reconstitution de la flore sur des digues de réservoirs de la Canadian Oil Sands Limited, les méthodes et les espèces utilisées sont décrites avec quelques observations et conclusions. Les sables sont alcalins avec un pH variant entre 7.0 et 9.0 et sont dénués de tout élément nutritif de base pour la flore (azote, phosphore et potasse). Les essais furent conduits sur les sables seuls et sur des sables additionnés de muskeg (tourbe) et d'argile noire.

Les résultats de ces essais de reconstitution de la végétation ont montré que les sable détritiques ne fournissent pas par eux-mêmes un substrat suffisant pour le développement végétal, et ceci pour trois raisons : (1) la faible capacité de rétention de l'humidité augmente le temps nécessaire à la germination des semences et à l'établissement des plantes; (2) cette lenteur du développement réduit le pouvoir de contrôle de l'érosion éolienne sur le sable, en particulier sur la crête des remblais; (3) la faible rétention de l'humidité du sable augmente la vitesse d'infiltration de l'eau et accélère le lessivage des éléments nutritifs des plantes.

Le mélange de semences était composé de 10 lb de brome, 8 lb de chiendent huppé (agropyre), 5 lb de fétuque rouge rampante, 5 lb de mélilot blanc et de 5 lb de trèfle hybride pour 33 lb (15 kg); ce mélange fut semé à raison de 300 lb par acre. On procéda à un semis en plein et les planches de semis furent préparées par hersage et binage manuel pour assurer le recouvrement correct des semences. L'engrais 8-24-24 a été épandu à raison de 800 lb par acre.

L'adjonction de muskeg ou de muskeg et d'argile provenant de dépôts erratiques a permis d'améliorer la structure et la capacité de rétention de l'humidité du sol, de réduire la vitesse de l'infiltration de l'eau, d'augmenter la capacité du sol pour retenir les éléments nutritifs,

Berry, C.B., 1970

d'augmenter la teneur en azote, de réduire le pH du sol, d'accélérer la germination des semences et d'augmenter le pourcentage de survie des plantes.

Quatre recommandations particulières sont formulées : (1) le muskeg choisi doit être répandu et mélangé sur les pentes sableuses à une profondeur de 4 pouces; (2) le muskeg doit subir un discage pour sa pénétration dans le sol; (3) les semences et les engrais doivent être dispersés en solution; (4) un système d'irrigation est nécessaire pour maintenir un niveau suffisant d'humidité qui assure un taux de germination et de croissance de l'ordre de 75%.

Quatre autres recommandations sont encore formulées en ce qui concerne la conservation de l'humidité sur la crête des remblais détritiques sablonneux : (1) procéder à une première application d'engrais 8-24-24 à raison de 400 lb par acre suivie d'une seconde mélange de 34-0-0 et de 8-24-24; (2) procéder à des analyses d'échantillons de sol pour vérifier régulièrement les teneurs en éléments nutritifs, en particulier pour l'azote, le phosphore et la potasse; (3) procéder à l'irrigation uniquement quand le degré d'humidité du sol tombe au dessous du niveau nécessaire à la bonne croissance des plantes; (4) utiliser un engrais organique à dissolution lente tel l'engrais Inilorganite.

L'auteur a remarqué que l'ensemencement à 30 lb/acre sur une parcelle enrichie avec du muskeg et de l'argile a produit une couverture trop dense pour un fourrage permanent à croissance rapide et qu'un ensemencement réduit à 20 lb/acre a produit une meilleure couverture. D'autre part les plantes n'ont pas créé un système racinaire fort lorsque le muskeg fut simplement posé en recouvrement sur le sable. Le compactage du sol après l'ensemencement permet aussi d'accélérer la germination des semences et la croissance des plantes.

1. BERRY, C.B.

2. 1974

3. Reclamation of disturbed land. Revision I. G.C.).S. Lease Tar Island, Alberta. (Mise en valeur de terres perturbées. Révision 1.)

4. Great Canadian Oil Sands Limited, Service technique d'exploitation minière. 12 pages.

5. Original

6. a. Alberta; taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie; Yukon méridional; résidus miniers

7. Ce rapport est une mise à jour des plans et des méthodes de mise en valeur des terres précédemment traités dans *Reclamation of disturbed land*, et apporte quelques directives et donne le calendrier des projets de mise en valeur des terres dans la zone de concession de la G.C.O.S., près de Fort McMurray, Alberta.

La mise en valeur de ces contrées vise à leur redonner des conditions écologiques et esthétiques acceptables et, en particulier, à empêcher les érosions éolienne et hydrique subies par les digues sablonneuses et les amoncellements détritiques. Les pentes ainsi remises en valeur des digues et des terrils constitueront des zones d'habitat pour la faune sauvage tandis que les plateaux supérieurs de ces digues pourront être améliorés pour accueillir d'éventuelles entreprises commerciales.

En ce qui concerne le calendrier de restauration de la flore, le projet immédiat tend à reconstituer la végétation sur les pentes imposantes de ces barrières de détritus couvrant 71.5 acres. Des essais avec les espèces végétales locales ont porté sur le tremble, le peuplier baumier, le saule, le bouleau blanc et le cerisier de Pennsylvanie. Les essais précédents ont montré que la préparation de planches de semis par adjonction de muskeg (tourbe) dans le sable, à raison de 1:1, permet la constitution d'une couverture végétale sans irrigation et permet en même temps de contrôler l'érosion éolienne dès la fin de la première saison de croissance et l'érosion hydrique à partir de la troisième saison de développement. Le muskeg est répandu de haut en bas de la pente à l'aide d'un tracteur à chenilles qui le mélange au sable sur une profondeur de 4 pouces; cette opération devra se faire bien avant la saison de gel à cause de la forte humidité du muskeg. On a utilisé un cultivateur à disques "Howard Rotovator" pour travailler et mélanger le muskeg au sable. Il a fallu compacter le semis après l'ensemencement.

Berry, C.B., 1974

Bien que le premier compte rendu G.C.O.S. conseillât l'ensemencement par dispersion en solution, l'ensemencement conventionnel fut utilisé cette fois-ci. La méthode conventionnelle a été appliquée avec un semoir Brillion à graminées pouvant accomplir trois fonctions en même temps : ensemencement, fertilisation et compactage du sable. Une parcelle ensemencée avec un semoir Brillion à graminées en 1972 a montré de meilleurs résultats jusqu'à maintenant et a permis d'augmenter la germination des semences et d'obtenir une meilleure distribution des graminées et des légumineuses en comparaison avec les résultats obtenus par dispersion en solution.

En ce qui concerne les terrils détritiques, les pentes durent être reprofilées pour leur donner une déclivité variant entre 4:1 et 3:1. Les banquettes ont été nivelées pour réduire l'érosion hydrique et faciliter l'établissement de la végétation. Le sol des terrils détritiques est variable et passe de l'argile fine compacte au sable argileux et à l'argile additionnée de muskeg. Les sols les plus compacts et durs ont dû être ameublis sur une profondeur de 18 à 24 pouces pour permettre l'aération et la pénétration de l'eau puis ont reçu une couche de 3 à 4 pouces de sable grossier introduit dans les couches supérieures de façon à créer un terrain friable. On a dû utiliser une charrue à disques Rome pour cette opération en raison de la nature pierreuse de l'argile.

Le calendrier à long terme de reconstitution de la flore herbacée et de reforestation des pentes extrêmes et des plateaux dépend en fait du calendrier de construction et de la mise au point d'une méthode de séparation de l'argile et du bitume dans le cas des résidus liquides.

Les études de recherche devraient porter sur quelques points recommandés. En premier lieu, comment préparer un sol pour qu'il puisse supporter la végétation avec un entretien minimum pendant 8 à 10 ans. Pour répondre à cette question, il conviendrait d'établir des parcelles d'essais en des endroits déjà couverts de végétation pour pouvoir étudier les problèmes spécifiques suivants : l'influence des mélanges de graminées et de légumineuses, en différentes proportions, pour maintenir les éléments nutritifs dans le sol; l'influence de la préparation superficielle du sol sur l'accumulation de matières organiques dans les couches de recouvrement; l'influence des taux de fertilisation et la mise en évidence de l'accumulation saline dans le sol et de ses conséquences sur la croissance des plantes. Pour protéger la jeune végétation nouvellement établie ou plantée contre les effets de l'érosion éolienne et hydrique, il conviendra d'essayer divers types commerciaux de traitements stabilisateurs de sol tels l'Emulsion Asphaltique SS1, le Carasol et le Hals 801. En ce qui concerne l'aménagement forestier, il s'agira de dresser un inventaire complet des essences d'arbres établies sur la concession pas encore dégagée.

1. BESCHEL, R.E.

2. 1963

3. Observations on the time factor in interactions of permafrost and vegetation. (Remarques sur le facteur temporel dans les interactions entre le pergélisol et la végétation).

4. In : R.J.E. Brown, Éditeur, Comptes rendus de la première conférence canadienne sur le pergélisol, 17 et 18 avril 1962. Conseil national de la Recherche, Ottawa. Technical Memorandum No. 76. p. 43-56

5. Original

6. a. Îles Reine-Elisabeth; toundra canadienne

   b. Îles arctique; routes

7. L'auteur décrit ici la reconstitution naturelle de la végétation sur le sol perturbé d'une piste d'atterrissage abandonnée à Eureka, sur l'Île Ellesmere. Cette piste a été construite en 1947, par raclage de la couverture végétale sur une plaine de dépôts argileux, à 5 km au nord-est de la station météorologique. Elle fut abandonnée en 1951 et dès 1953, a repris par elle-même une couverture végétale plus dense.

Il n'y a pas de différence de niveau entre la vieille piste et les terrains environnants. La périphérie est entourée par une bordure intermittente haute de 30 cm et large de quelques mètres qui paraît avoir été constituée par le matériau de raclage retiré de la piste. Des blocs de glaces de la piste ont fondu et les enfoncements de 20 à 30 m de diamètre sont souvent séparés par des fossés de 2 à 3 m de largeur et de 1 à 2 m de profondeur qui contrastent avec les sillons extérieurs de la piste qui n'ont que 20 cm de dépression. Ces fossés ont déjà une couverture végétale bien développée et constituée surtout de *Carex stans*, *Eriophorum scheuchzeri*, *Deschampsia brevifolia* et *Equisetum arvense* tandis que l'espèce la plus commune dans les sillons extérieurs peu profonds est la *Deschampsia*. On s'attend à ce que des espèces supplémentaires viennent coloniser cette station et créer ainsi un habitat différent et l'augmentation de la couverture végétale des zones planes est tout à fait suprenante. Les espèces *Pucinellia angustata*, *Festuca brachyphylla*, *Alopecurus alpinus*, *Deschampsia brevifolia* et *Salix arctica* se développent de façon très vigoureuse sur la piste et couvrent 30 à 40% du sol en contraste avec la croissance chétive des mêmes espèces dominantes qui ne couvrent que 5 à 10% des terrains qui entourent la piste.

D'autres responsables ont remarqué qu'en Alaska la croissance des plantes cultivées est rapide pendant la première année qui suit le raclage de la végétation initiale du sol situé au dessus du pergélisol. Ils pensent que cet effet est dû à un meilleure approvisionnement hydrique lorsque

Beschel, R.E., 1963

le sol glacé dégèle sur une profondeur plus importante. Toutefois, le taux d'augmentation de cette productivité a diminué au cours des dernières années. L'auteur pense que le même principe joue à Eureka. La permanence surprenante de la croissance rapide de la végétation peut être expliquée par le fait que les sels accumulés dans les couches supérieures du sol ont été retirés au moment du raclage. Dans les conditions très arides de cette région, les croûtes salines sont fréquentes sur les sols nus et peuvent constituer un obstacle à la croissance de la végétation bien plus grand que les faibles précipitations. D'autre part, le dégel retardé par la présence d'une végétation plus dense réduit l'écoulement des eaux et assure une meilleure distribution de la réserve hydrique sur une période plus grande. La végétation plus dense peut aussi retenir plus la neige. Quelle que soit l'interaction des différents facteurs, cette ancienne piste d'atterrissage d'Eureka montre que de faibles changements initiaux peuvent provoquer des altérations importantes en quelques années là où le pergélisol et la végétation agissent l'un sur l'autre et réciproquement.

1. BLASER, R.E.

2. 1963

3. Principles of making turf mixtures for roadside seedings (Quelques principes de préparation du gazon pour l'ensemencements des bas-côtés routiers).

4. Highway Research Record 23 : 79-84

5. Original

6. a. Virginie; forêt orientale

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; routes

7. La germination, la croissance et la survie des graminées et des légumineuses varient considérablement en fonction des espèces et des microclimats affectant la communauté du semis. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser un mélange des variétés les mieux adaptées pour réunir toutes les chances de réussir un bon gazon. Ce mélange doit être simple et ne pas contenir plus de quatre espèces de gazon différentes. Ces mélanges devraient aussi être préparés "sur mesure" en fonction de la date de plantation, des différentes données microclimatiques, des variations de déclivité des pentes et de direction de l'exposition.

Un mélange permet l'utilisation d'espèces persistantes et de graminées à germination et à établissement lents : les graminées et les cultures céréalières à croissance rapide apportent les moyens nécessaires au contrôle de l'érosion pendant que les autres espèces plus tardives s'établissent doucement. Les graminées de soutien ont aussi un effet modérateur sur la température du sol, assurent l'isolation thermique et améliorent la conservation de l'humidité. La fétuque 31 Kentucky et le pâturin des prés conviennent pour la préparation des plaques de gazon persistant; la fétuque rouge rampante, l'agrostide traçante et l'ivraie vivace ont une croissance en semis agressive et un établissement en plaques de gazon plus rapide. Les mélanges avec la fétuque 31 Kentucky ne devraient pas contenir de graminées de soutien agressives dans la mesure où celle-ci s'établit facilement en raison de sa capacité d'adaptation et de sa bonne vigueur en semis.

La vesce couronnée et la *Sericea lespedeza* ont toutes les deux une faible vigueur sur semis et sont affectées en mal par une fertilisation azotée importante ainsi que par l'ensemencement dense de graminées. De faibles taux d'épandage d'azote et d'ensemencement de graminées de soutien favorisent la constitution de population plus solides de ces légumineuses. La faible teneur du sol en azote est un problème aussi

Blaser, R.E., 1963

pour l'entretien et la conservation des graminées. L'urée-formaldéhyde est un engrais qui relache lentement l'azote et est utilisée couramment pour l'établissement des plaques de gazon.

1. BLISS, L.C.

2. 1958

3. Seed germination in arctic and alpine species (La germination des semences d'espèces arctiques et alpines).

4. Arctic 11 : 180-188

5. Original

6. a. Alaska, Wyoming; toundra de l'Alaska, Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; morts-terrains, routes, résidus miniers

7. C'est une étude comparative de germination viable entre différentes semences qui ont été ramassées dans la toundra subarctique de l'Alaska septentrional et des régions alpines du sud-est du Wyoming. Des semences viables ont pu être ainsi repérées pour beaucoup d'espèces de chaque région. Les pourcentages moyens de germination des espèces ne montrent pas de différences importantes en ce qui concerne les semences provenant des toundras arctiques et alpines. On a pourtant remarqué que les espèces alpines ont germé en plus grande proportion.

Les essais de germination réalisés à la lumière et sans lumière ont montré que certaines graines aussi bien à la lumière que sans lumière tandis que la germination d'autres est réduite en l'absence de l'éclairement. L'auteur a proposé l'idée que les espèces arctiques et alpines produisant des graines capables de germer aussi bien à l'ombre qu'à la lumière sont celles dont les graines sont soumises à l'enterrement. Le photopériodisme peut aussi jouer un rôle dans ces différences de germination.

1. BLISS, L.C. et J.E. CANTLON

2. 1957

3. Succession on river alluvium in northern Alaska (Succession des communautés végétales sur les sols alluviaux dans l'Alaska septentrional).

4. American Midland Naturalist 58 : 452-469

5. Original

6. a. Alaska; toundra de l'Alaska

   b. Région côtière du Yukon et du delta du Mackenzie; routes

7. Quatre communautés végétales ont été étudiées en 1953 : elles représentent des séquences de succession de la plus jeune communauté à la plus ancienne en fonction d'une progression du lit de la rivière Colville à la formation en terrasse en passant par un méandre délaissé ou en cours de migration. Ces communautés sont les suivantes : (1) une série primaire caractérisée par des herbes persistantes dont les plus abondantes étaient *Crepis nana*, *Erigeron purpureus*, *Epilobium latifolium*, trois *Artemisia* sp., *Oxytropis* sp., *Astragalus alpinus* et *Lupinus arcticus*; (2) une communauté vigoureuse de saules dominée par le saule à feuilles cotonneuses (*Salix alaxensis*); (3) une communauté de saules en voie de détérioration ayant une couverture de plus en plus grande de petits saules verts, de mousses et d'herbes; (4) une communauté de lande à aulnes et à saules.

Cette succession est le résultat de changements physiques (allogéniques) et biotiques (autogéniques) et chaque stade est différencié des autres par ses propres conditions naturelles. La série herbacée primaire est tout d'abord clairsemée puis devient plus dense lorsque les graviers de la rivière sont recouverts par du limon et du sable. Les sols y sont grossiers et subissent un dégel profond. La vitesse du dégel décroît au fur et à mesure de l'augmentation de la sédimentation et de l'épaisseur du manteau de limon et de sable. Ces sols primaires, grossiers et à dégel profond ont une couverture assez dense composée de *Artemesia* sp., *Lupinus arcticus*, *Agropyrum sericum*, *Poa lonata*, *Deschampsia caespitosa*, *Epilobium latifolium* ainsi que d'autres herbes non-graminéennes. Parmi les espèces les moins communes dont l'établissement est limité aux zones de plus grande épaisseur de sable et de limon, on remarque *Arctagrostis latifolia*, *Bromus pumpellianus* var. *arcticus* et *Hierochloe odorata*.

Les mousses établies sur ces stations herbacées persistantes peuvent couvrir entre 20 et 40% de la surface - ces mousses sont principalement des genres *Bryum*, *Dicranum*, *Dicranella* et *Encalypta*. Il arrive que le

saule colonise cette communauté lorsque l'épaisseur de la couche de sable a atteint un niveau suffisant. Le petit saule à feuilles cotonneuses est depuis peu remplacé progressivement par d'autres espèces de saule, la sédimentation continue pendant les périodes d'écoulement des eaux et le sol dégèle de plus en plus lentement à mesure que la couverture du sol apporte une isolation accrue.

Ces habitats alluviaux et la végétation ont beaucoup de points communs avec la végétation alluviale de l'Alaska ainsi qu'avec des sites similaires dans des zones n'appartenant pas à la toundra. Les conditions de l'habitat rencontrées généralement sur les lits de hautes eaux comprennent les inondations chroniques, la présence de nappes phréatiques à niveau variable, l'absence d'une couche superficielle organique, l'érosion périodique et le dépôt de matériaux à texture légère et de faible teneur en éléments nutritifs. Presque toutes les espèces des plaines alluviales ont un système racinaire profond et peuvent pousser correctement en des endroits soumis à un dégel profond mais demeurant assez secs au niveau de leurs couches superficielles. Le nombre des espèces constituant la végétation primaire du versant arctique de l'Alaska décroît progressivement en se rapprochant des côtes et en s'élevant vers les hauteurs.

1. BLISS, L.C. et R.W. Whein

2. 1972

3. Plant community responses to disturbances in the Western Canadian Arctic (Comportement de la communauté végétale vis-à-vis des perturbations dans l'arctique canadien occidental).

4. Canadian Journal of Botany 50 : 1097-1109

5. Original

6. a. District Mackenzie, Îles Reine-Elisabeth; toundra canadienne

   b. Région du delta du Mackenzie, Îles arctiques; routes

7. Plusieurs études réalisées sur le delta du Mackenzie et dans l'archipel arctique décrivent et fournissent des données informatives sur les perturbations subies par les communautés végétales de la part du feu, de l'activité sismique et de l'aspersion de pétrole brut.

Les changements apportés dans la répétition et la technologie de la recherche sismique ont sensiblement réduit la perturbation subie par la communauté végétale de la part de la prospection pétrolière. Toutes les fois que des racines et des rhizomes viables d'arbustes, des joncs, et des graminées demeurent dans et sur un sol perturbé, un rétablissement de l'ordre de 30 à 50% de la végétation naturelle pourra intervenir dans les trois ans suivants et dans les cinq ans dans le cas des effrondrements situés dans des régions à forte proportion de glace. Dans le cas d'effrondrements profonds de 0.5 m à 2 m, la reconstitution naturelle ou artificielle pourra intervenir sur la nouvelle surface mais rien ne permet d'affirmer que le ré-ensemencement empêchera la formation de glace ou l'accentuation de l'effrondement.

Des exemples de reconstitution naturelle de la flore dans la région du delta du Mackenzie montrent que les espèces pionnières sur les sols perturbés sont les *Calamagrostis canadensis*, *Arctagrostis latifolia* var. *latifolia* et *Poa lanata*.

Des essais de plantation expérimentales réalisés en 1970 avec ces espèces et différentes combinaisons d'engrais ont donné les résultats suivants : (1) l'établissement de semis fut plus rapide sur la tourbe mais la continuité de la croissance fut meilleure sur les sols minéraux, les deux substrats étant maintenus humides; (2) le meilleur traitement par engrais fut obtenu avec 100 kg/ha d'azote élémentaire et 200 kg/ha de phosphore; (3) il est nécessaire de pratiquer l'ensemencement soit au début du printemps soit à la fin de l'automne; et (4) la *Festuca rubra*

Bliss, L.C. et R.W. Wein, 1972

(variétés Arctared et Boreal), la *Poa pratensis* (variété Nugget), la *Poa compressa* et le *Phlem alpinum* ont donné les meilleurs résultats d'établissement et de survie hivernale sur les tourbes comme sur les sols minéraux. L'*Alopecurus pratense* a donné les meilleurs résultats sur les sols minéraux. Deux céréales annuelles, *Avena sativa et Secale cereale*, se sont bien développées. Cependant, la dernière a été la proie des campagnols à dos rouges mettant sa survie en cause et démontrant sa valeur comme source alimentaire d'hiver.

A l'inverse du phosphore, les disponibilités de l'azote ont semblé limiter la croissance des végétaux. La plupart des éléments nutritifs sont retenus dans la matière organique de la couche supérieure. La suppression de cette couche altère prfondément le cycle normal des éléments nutritifs et augmente la nécessité de l'épandage d'engrais pour la reconstitution de la végétation.

Les auteurs ont souligné le fait que l'établissement de la couverture végétale est rendu difficile par le dessèchement rapide de nombreux sites pendant l'été où les précipitations sont réduites, à moins que l'on puisse semer les mélanges d'espèces ou de semences dans de la tourbe ou que l'on ajoute du paillis sur le sol minéral.

L'étude préliminaire conduite sur les îles arctiques septentrionales montre que le creusement de sillon et le reclage de surface sont bien moins préjudiciables à l'équilibre biologique que dans le Bas Arctique. Le dégel superficiel du pergélisol y est moindre que dans la région du delta du Mackenzie; toutefois, les terres basses humides subissent les mêmes perturbations estivales que le delta. Les différentes unités d'habitats, communautés végétales, topographie, caractéristiques des sols, glaces édaphiques, ont des comportements différents en fonction des perturbations affectant la surface, que ce soit dans le Bas Arctique ou dans le Haut Arctique.

1. BLISS, L.C. et R.W. WEIN, Éditeurs

2. 1972

3. Botanical studies of natural and man-modified habitats in the Eastern Mackenzie Delta region and the Arctic Islands (Études botaniques des habitats naturels et artificiels dans la région orientale du delta du Mackenzie et dans les Îles Arctiques).

4. Programme de Recherche de mise en valeur des Terres, ministère des Affaires indiennes et du Nord, ALUR 71-72-14. 288 p.

5. Original

6. a. District de Mackenzie; Îles Reine-Elisabeth; toundra canadienne.

   b. Région du delta du Mackenzie; Îles arctiques; routes

7. En fin de rapport, contenant des articles de Babb, Hernandez et Younkin commentés séparément dans cette bibliographie, on trouve plusieurs conclusions et recommandations particulières en ce qui concerne l'invasion par les plantes des habitats modifiés par l'homme dans le Bas et le Haut Arctique Canadien.

Les unités de paysage identifiées montrent une si grande diversité de caractères qu'il importe de bien connaître la région spécifique pour prévoir la réponse d'une communauté végétale pour une perturbation donnée. Les responsables des terres et les futurs chercheurs devront tenir compte de ces différences.

Les espèces agronomiques les plus prometteuses pour le pré-ensemencement sont le fléole, le vulpin agreste, la fétuque rouge, le pâturin des prés et le pâturin comprimé.

Les mélanges de semences qui conviendront le mieux à la constitution de la couverture végétale devront contenir les espèces ayant de bonnes capacités de développement au cours de la première année et celles qui résistent le mieux à la saison hivernale.

L'ensemencement devra être réalisé immédiatement après l'apparition de la perturbation ou, sinon, dès le printemps suivant.

Les programmes de fertilisation devront inclure deux engrais azotés et au phosphore avec des taux allant jusuqu'à 100 kg/ha (100 lb/acre).

En fonction de la présente information, le ré-ensemencement des régions perturbées en surface dans le Haut Arctique semble donner peu de résultats.

Bliss, L.C. ET R.W. Wein, Éditeurs, 1972

Un engrais azote-phosphore stimulera le développement des plantes et constitue probablement la seule méthode pratique permettant d'accroître la couverture végétale, à condition que des espèces aient survécu.

Il n'est pas possible d'aboutir à une généralisation pour tout le domaine arctique en ce qui concerne la réussite du ré-ensemencement naturel et artificiel et les répercussions des perturbations sur celui-ci. Les auteurs signalent aussi qu'il n'est pas possible de prévoir l'influence d'une perturbation, les chances de succès d'un ensemencement non plus que les quantités d'engrais à appliquer sur des stations de hautes ou de basses terres et sur une superficie de quelques hectares.

Les principales espèces promptes à envahir naturellement les failles sismiques sont *Arctagrostis latifolia, Calamagrostis canadensis, Poa lanata, Luzula confusa* et *Senecio congestus* associées à *Arctophila fulva, Eriophorum angustifolium* et *Carex aquatilis* dans les régions les plus humides.

Dans le Haut comme dans le Bas Arctique, les faibles température du sol ont un rôle limitateur de croissance important; l'azote disponible est rare en raison du faible relargage attribuable aux faibles températures du sol qui empêchent l'activité microbienne. Les espèces autochtones se satisfont des conditions de l'azote mais, dans la mesure où le phosphore est facilement extrait des sols locaux, les engrais phosphorés commerciaux ont moins d'efficacité. Les graminées allochtones réagissent plus facilement au phosphore. Une combinaison de 200 kg/ha d'azote et de phosphore seul leur convient mieux sur les sols organiques. La réaction des plantes allochtones à l'azote seul est faible, La première production de semences est aussi améliorée grâce à l'épandage d'azote et/ou de phosphore.

A l'occasion des essais dont il est question dans cet ouvrage, le fléole, le vulpin agreste et le chiendent ténu ont la meilleure croissance en hauteur alors que la fétuque rouge, le pâturin des prés et le pâturin comprimé donnent la meilleure couverture végétale. Les meilleurs mélanges de semences devraient comprendre de l'alpiste roseau et du dactyle pelotonné afin de constituer une bonne culture de soutien pour la première année, auxquels il conviendra d'ajouter quelques-unes des espèces citées ci-dessus pour la constitution de la végétation à long terme.

1. BOLSTAD, R.

2. 1971

3. Catline rehabilitation and restoration (La réhabilitation et la mise en valeur des banquettes de retenue).

4. In : C.W. Slaughter, R.J. Barney et G.M. Hansen, Editeurs, Incendie dans l'environnement nordique - Symposium, la Forêt nord-occidentale Pacifique et Station expérimentale de Recherche, Service des Forêts, ministère américain de l'Agriculture, Portland, Oregon, p. 107-116.

5. Original

6. a. Alaska; taïga du centre de l'Alaska; taïga du sud de l'Alaska.

   b. Yukon méridional, Yukon septentrional; Routes.

7. Les banquettes de retenue (fossés garde-feu aménagés au bulldozer) dans des régions du pergélisol en Alaska ont été profondément altérées par l'érosion. Les tentatives faites pour contrôler cette érosion ont abouti à l'utilisation combinée des techniques du drainage et de l'ensemencement.

Les graines semées en automne sur des zones avec et sans pergélisol à raison de 2 mesures de brome inerme "Manchar" pour une mesure de pâturin des prés dans la proportion de 40 lb/acre (50 kg/ha). L'ensemencement fut aussi effectué au printemps à raison de 40 lb/acre avec un mélange de graines comprenant de l'alpiste roseau, du fléole, du mélilot (blanc et jauen), de l'ivraie, du brome inerme "Manchar" et du pâturin des prés. Les observations furent faites après une période de végétation.

L'ensemencement d'automne a donné les meilleurs résultats tant sur le pergélisol que sur les sols non soumis au gel permanent et la meilleure réaction a été manifestée par le brome. C'est sur les sols détrempés des parcelles de mollisol que la croissance des graines a le mieux réussi. Le manque d'humidité et l'absence d'une couverture végétale du sol furent des facteurs de limitation du développement végétal sur les sols non soumis au gel permanent.

Il est préférable pour les sols autres que le pergélisol de procéder à l'ensemencement en lignes plutôt qu'à l'ensemencement aérien qui convient par contre aux zones de pergélisol. Les parcelles de pergélisol comme les autres, fertilisées avec un engrais de 20-20-10 en pastilles, ont donné de meilleurs résultats que les parcelles non fertilisées.

Bolstad, R., 1971

Sur une parcelle surveillée de pergélisol non traité, la reconstitution naturelle de la flore a débuté avec des carex, *Calamagrostis*, *Eriophorum* et *Equisetum* auxquels sont venus s'ajouter quelques mousses. Ces plantes, après une période de végétation, étaient petites et n'ont pu empêcher l'érosion.

Les drains hydrauliques et les banquettes standard construits à des intervalles variant de 30 à 50 verges (27 à 45 m), le long des pentes ont permis de contrôler partiellement l'érosion. Il convient de les aménager immédiatement après un incendie sur un sol permafrostique avant la reprise du gel profond. Les barrages de contrôle couverts de végétation furent inefficaces sur le pergélisol car la formation des glaces en dessous de ces barrages provoque une érosion importante.

1. BRADSHAW, A.D.

2. 1952

3. Populations of *Agrostis tenuis* resistant to lead and zinc poisoning (Populations de *Agrostis tenuis* résistant à la toxicité du plomb et du zinc).

4. Nature 169 : 1098

5. Original

6. a. Pays de Galles; forêt britannique

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; résidus miniers.

7. Cette étude a porté sur la survie de l'*agrostis tenuis* dans la région de Aberystwyth au pays de Galles. On procéda à la collecte d'échantillons de 60 talles séparées provenant de différents habitats comme des terres à pâturage et d'une mine de plomb désaffectée à Goginan, âgée d'une centaine d'années où le sol de surface contenait environ 1% de plomb et 0.03% de zinc. L'*agrostis tenuis* constituait la seule vie végétale sur le sol de cette mine.

Certaines talles furent repiquées sur du sol de la mine et sur du sol normal. Sur le sol normal, l'échantillon provenant de la mine resta nettement plus petit et se développa plus lentement. Sur le sol de la mine, l'échantillon de la mine de développa normalement. Par contre, un échantillon provenant de pâturages ne parvint pas à se développer; 50% de ces talles dépérirent après une période de 3 mois et avaient des racines difformes dépassant rarement 2 mm de longueur.

L'auteur a indiqué qu'aucun changement de la toxico-résistance n'a pu être vérifié.

1. BRADSHAW, A.D., T.S. McNEILLY et R.P.G. GREGORY

2. 1965

3. Industrialization evolution and the development of heavy metal tolerance in plants (L'industrialisation, l'évolution et le développement de la résistance des plantes aux métaux lourds).

4. Original

5. a. Pays de Galles, forêt britannique

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; morts-terrains, résidus miniers.

7. On constate que la colonisation par les plantes est rapide sur certains environnements artificiels et que la nouvelle couverture végétale diffère de la précédente; dans d'autres cas, l'habitat n'est pas aussi satisfaisant mais le temps suffit pour que les intempéries naturelles aient une action bénéfique sur le sol; dans d'autres cas, enfin, la colonisation est quasi inexistante en raison de la présence de substances toxiques. Que se passe-t-il dans ce derner cas? Bien que l'homme puisse faire quelque chose, sans doute à grands frais, les auteurs ont choisi de rechercher comment la nature peut intervenir pour recoloniser de tels endroits.

Pour peu que l'on cherche à travers le monde, on peut rencontrer les habitats naturels les plus pauvres, ceux qui ont été le plus fortement altérés par la main de l'homme: ce sont les habitats ayant des teneurs élevées en soufre, en nickel, en chrome, ou à pH très bas ou à très forte salinité. Un élément significatif leur est commun : ils sont rarement, sinon jamais, nus ou dénués de végétation. Les processus d'évolution apportent inévitablement de nouveaux types de plantes pour coloniser les sols inoccupés. Si une parcelle de terrain est vide, le processus d'évolution déclenchera sa colonisation.

Le deuxième point fondamental à noter, c'est que nous n'avons pas besoin de penser à l'évolution à l'échelle du millénaire. Cette échelle à long terme est nécessaire dès qu'il s'agit de tracer l'histoire de la vie, mais devient inutile au niveau de l'évolution des espèces.

Ces principes de base ont conduit les auteurs à rechercher l'existence de changements évolutionnaires chez les populations végétales qui envahissent les habitats artificiels. Ils y sont parvenus en étudiant de façon approfondie la résistance aux métaux de l'*Agrostis tenuis* qui peut pousser sur les stations minières à forte teneur de plomb, de zinc, de nickel et de cuivre dans les environs de Bangor, pays de Galles. Les auteurs ont remarqué que les populations d'*Agrostis tenuis* rencontrées

dans le pays de Galles et poussant sur des haldes de mines de plomb. On pourrait penser que la résistance au plomb implique aussi la résistance à d'autres métaux tels que le cuivre, le zinc ou le nickel. Ce n'est cependant pas le cas. Une population résistant à un métal n'est pas pour autant résistante à un autre métal à moins que ce dernier n'existe aussi en même temps dans l'habitat initial.

On a alors remarqué qu'il n'y a pas de différence importante entre les niveaux d'absorption de métal toxique par une plante résistante et par d'autres plantes non-résistantes. Il semble que le métal toxique en question soit rendu inoffensif à l'intérieur même de la plante.

Les auteurs ont établi une distinction entre les résultats de leurs recherches et le principe des écotypes. Il est connu qu'une espèce peut être différenciée en des populations distinctes (écotypes) adaptées à des environnements particuliers. Beaucoup de ces changements semblent être le fait même des espèces occupant de tels habitats et qu'ils ne soient pas la cause de la venue de ces espèces. Or, ce principe ne s'applique pas au cas de l'évolution de l'*Agrostis* vers une résistance accrue aux métaux. La colonisation des sols contaminés est possible uniquement en tant que résultat des changements évolutionnaires : l'évolution est donc la cause et non l'effet de la colonisation.

Les auteurs font remarquer que l'environnement industriel n'a rien de particulier en soi et ne constitue qu'un autre type d'environnement, peut-être extrême, qui n'est pas forcément celui qui épuisera les ultimes capacités d'adaptation inhérentes à certaines espèces. Si l'environnement est particulièrement dur, les effets de la sélection se feront plus sentir. Si l'on considère qu'un environnement est nouveau, on doit admettre que la variation des capacités d'adaptation vis-à-vis de celui-ci n'a pas encore été suffisamment exploitée par la sélection naturelle. En tenant compte de ces deux arguments, on peut prévoir l'apparition rapide et spectaculaire de cas d'évolution dans les environnements industriels. L'étude approfondie des changements subis par les populations végétales au cours de leur adaptation aux milieux industriels et à leurs effets-contamination par des métaux, par les herbicides, pollution atmosphérique ou autres- apportera en toute logique des informations particulièrement intéressantes.

1. BRINK, C.C.

2. 1974

3. A summary of contents on grasses and legumes for land reclamation (Quelques commentaires sur les graminées et les légumineuses utilisables pour la mise en valeur des terres).

4. In : Cours accéléré de mise en valeur des terres, donné à la Faculté de Foresterie, Université de la Colombie-Britannique, Centre de formation continue, Université de la Colombie-Britannique et Association minière de la Colombie-Britannique. Pagination variable.

5. Original

6. a. Colombie-Britannique; région côtière des Montages Rocheuses

   b. Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. L'auteur y souligne le fait qu'il existe aux États-Unis 12 centres d'expérimentation botanique où l'on étudie les espèces végétales autochtones et allochtones pour la mise en valeur des sols et dans des buts de production, mais qu'il n'existe pas au Canada des centres équivalents aussi bien organisés. Le nouveau centre d'expérimentation botanique de Palmer en Alaska est un exemple du genre d'installation et d'équipements qui manquent au Canada.

Les objectifs visés dans la recherche d'espèces végétales pour la production agricole ne sont pas forcément les mêmes que pour la remise en valeur des terres. La tendance de la sélection agricole est de favoriser les récoltes produisant le plus de matière sèche et de développer les adaptations locales. En ce qui concerne la mise en valeur des terres où les habitats sont ordinairement diversifiés, il est la plupart du temps souhaitable de partir avec une base génétique plus vaste et la capacité de survie entre les espèces a une plus grande importance relative que la récolte.

Le choix est difficile entre les centaines d'espèces et de variétés existantes, et choisir bien relève à la fois de la science et de l'art. L'auteur a présenté une sélection d'espèces végétales en fonction d'un classement général grossier organisé de la façon suivante :

(a) Espèces pour terres humides

alpiste roseau
vulpin agreste
pied-de-coq
glycérie flottante

Brink, C.C., 1974

(b) Espèces pour terres sèches

chiendent huppé - agropyre
chiendent des berges
ivraie sauvage
chiendent
chiendent intermédiaire
chiendent à tige bleue

(c) Espèces humides et sous-humides

brome inerme
dactyle pelotonné
ivraie vivace et ivraie
fétuque (roseau, des prés, fine)
agrostide (traçante et autres)
fléole
pâturin (des prés Kentucky, comprimé, Sherman)
cataire

(d) Légumineuses

luzerne, sainfoin
mélilot
trèfle (rouge, hybride et blanc)
lotier corniculé
vesce couronnée
annuelles (vignes, vesces)
légumineuses pour sols secs (tragacanthe Cicer)

1. BROWN, R.W. et R.S. JOHNSTON

2. 1976

3. Revegetation of an alpine mine disturbance : Beartooth Plateau, Montana (Reconstitution de la flore sur une perturbation minière en région alpine : Beartooth Plateau, Montana).

4. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah. Research Note INT-206, 8 p.

5. Original

6. a. Alaska; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; morts-terrains

7. Ce compte rendu rassemble les résultats de la première année de recherche en reconstituant de la flore sur une perturbation minière en région alpine, mine McLaren sur le plateau Beartooth, située à 8 km au nord de Cooke City. L'altitude est de 2950 m avec une exposition moyenne au sud-ouest.

Les espèces autochtones se sont montrées mieux adaptées pour la reconstitution de la flore que les espèces adventices. Parmi ces espèces locales, on trouve la canche gazonnante (*Deschampsia caespitosa*), le pâturin alpestre (*Poa alpina*), la fléole alpestre (*Phleum alpinum*), le trisetum (*Trisetum spicatum*), le chiendent ténu (*Agropyron trachycaulum*), le chiendent rampant (*Agropyron scribneri*), l'antennaire laineuse (*Antenneria lanata*), le dryas des montages (*Dryas octopetala*), et le jonc (*Carex paysonis*). La densité d'établissement des espèces locales a été nettement supérieure à celle des espèces adventices, quels que fussent les traitements (avec ou sans sol de couverture, avec ou sans engrais). Les espèces locales ont manifesté une plus grande réaction aux engrais que les espèces adventices, sur les deux types de sols.

On a aussi essayé le repiquage d'antennaire laineuse, de corex, de canche gazonnante et de chiendent alpestre. Toutes les pousses ont survécu et poussaient avec vigueur après une année. Les plantes adultes ont un système racinaire en extension ainsi qu'un bon développement de la couronne et devraient supporter les chocs locaux de l'environnement mieux que les semis. L'utilisation de jeunes pousses à repiquer permet d'obtenir un développement et un établissement rapides de la végétation et constitue une solution pour remplacer efficacement le semis. Toutefois, il serait dangereux de procéder à une transplantation pour obtenir immédiatement une couverture végétale totale. On ne connaît pas bien le

Brown, R.W. et R.S. Johnston, 1976

taux de propagation latérale des transplants. Peu de recherches ont été jusqu'à maintenant réalisées sur l'utilisation combinée de l'ensemencement et du repiquage de jeunes plants et on peut s'attendre à une érosion certaine des surfaces non protégées entre les transplants jusqu'à l'apparition d'une couverture végétale latérale. Si on utilise des espèces autochtones, il sera nécessaire de planter des pépinières pour une production à grande échelle des plants et des semences.

1. BRUMMITT, R.A.

2. 1976

3. Seeding of subsoils 1969-1975. Final Report (L'ensemencement des sous-sols de 1969 à 1975. Compte rendu définitif)

4. Ministère des Transports du Wisconsin, Service des Autoroutes, Section 7. Research Report 0092-01-71. 16 pages.

5. Original

6. a. Wisconsin; forêt orientale

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; routes

7. Des parcelles expérimentales sur deux sous-sols du Wisconsin septentrional ont été ensemencées avec cinq mélanges différents de graines et fertilisées avec cinq mélanges d'engrais différents. Le but fixé était de supprimer les dépenses occasionnées par l'épandage d'un sol de couverture sur les bas côtés des routes. Les deux sous-sols expérimentaux sélectionnés furent d'une part, le dépôt morainique glaciaire de la rivière Iron, contenant du sable limoneux avec un peu de graviers et de blocs erratiques, et d'autre part, du sable propre provenant du lavage par les eaux glaciaires de fusion du Stambaugh.

Les pentes furent d'abord nivelées puis râtelées; les semences furent semées avec un semoir à main du type cyclone. On procéda à l'application manuelle de paillis (2 tonnes/acre soit 92 lb/1 000 pieds carrés) sur la plupart des parcelles où il fut maintenu au sol par un réseau quadrillé de ficelle amarrée sur des pieux espacés de 10 pieds entre-eux. Certaines parcelles expérimentales ont reçu une deuxième application d'engrais pendant la deuxième année.

Si l'on en croit les résultats, on peut obtenir une couverture végétale satisfaisante sur des sols autochtones. Le mélange de semences No. 2 du ministère des Transports du Wisconsin (15% de pâturin des prés Kentucky 21, 55% de fétuque rouge rampante, 5% d'agrostide traçante, 10% d'ivraie vivace et 15% de trèfle blanc) convient aux sols arides. Il apporte une bonne couverture végétale sur les sols de sable limoneux après épandage d'engrais 10-10-10 à raison de 10 lb/1 000 pieds carrés. Une deuxième application d'engrais l'année suivante n'est pas suffisamment rentable pour que sa pratique soit généralisée; par contre, la croissance a été améliorée par l'épandage léger d'engrais 38-0-0.

Brummitt, R.A., 1976

Le trèfle blanc du mélange sus-mentionné ne s'est pas bien développé et devrait être remplacé par du lotier corniculé Empire semé soit seul soit dans un mélange de graines. Le lotier corniculé a produit une bonne couverture végétale sur les deux types de sols expérimentaux et a donné des résultats surprenants sur le sols sableux. Après la période de gel, la couche herbeuse brûlée par le gel demeure; il est cependant préférable d'utiliser le lotier en association avec d'autres semences dans la mesure où sa croissance reprend tardivement au cours du printemps. Il est préférable d'ensemencer le lotier corniculé avec un enduit pour assurer une distribution convenable des semences qui ont l'inconvénient d'être petites.

L'un des engrais utilisés à titre expérimental, l'engrais (38-0-0) à solubilisation lente de l'azote, appliqué à raison de 8 lb/1 000 pieds carrés. a favorisé nettement le développement des plantes et peut être recommandé en association avec le mélange de semences sus-mentionné pour ce genre de sols.

On considère que le paillis joue un rôle essentiel dans la réduction de l'érosion et qu'il améliore les conditions de croissance des plantes. Une érosion considérable a en effet été constatée sur l'une des parcelles non couverte de paillis pendant une période de 2 mois.

1. BUREAU OF LAND MANAGEMENT

2. 1973

3. Influence of man-caused surface disturbances in permafrost areas of Alaska (Répercussions des perturbations artificielles de surface dans les régions de pergélisol en Alaska).

4. Bureau of Land Management, ministère américain de l'Intérieur, Commission spéciale nommée par le Gouverneur de l'État de l'Alaska, Fairbanks, Alaska. Compte rendu non publié. 19 pages.

5. Original

6. a. Alaska; taïga centrale de l'Alaska, taïga de l'Alaska méridional, toundra de l'Alaska

   b. Région alpine, Yukon septentrional, côtes du Yukon; routes

7. Les plus grandes perturbations de surface connues dans les régions de pergélisol de l'Alaska sont dues au passage des véhicules tout-terrain, aux activités assurant la surveillance et le contrôle des incendies, aux activités de loisir, aux activités d'exploitation minière, à la prospection sismique, à la mise en service de routes latérales le long d'autoroutes ainsi qu'aux activités de topogrphie. Le dégel des substrats apparaît dès que la couverture organique est détériorée par les perturbations de surface qui ont ainsi pour résultat l'accélération de l'érosion du sol, la diminution de la qualité des eaux, l'altération des paysages et la suppression des voies d'accès.

Les méthodes mises au point pour contrôler les effets de la perturbations de surface comprennent les étapes de réhabilitation suivantes :

1. commencer la réhabilitation dès que possible;

2. faire appel à des structures de drainage pour éviter l'accumulation des eaux qui augmente la profondeur du dégel des sols gelés;

3. ensemencer les surfaces perturbées immédiatement après leur création en utilisant les espèces recommandées telles que la fétuque dure Durar, la fétuque rouge Arctared, le vulpin agreste et le pâturin des prés Nugget, ainsi que des graminées de couverture rapide telles que l'agrostide traçante Illinois pour le versant nord, le brome Polaire et la fléole Engmo pour d'autres régions critiques;

4. ensemencer à raison de 15-35 lb/acre, de 35-50 lb/acre pour l'agrostide traçante, le brome Polaire et la fléole Engmo;

Bureau of Land Management, 1973

5. fertiliser au moment de l'ensemencement (350 lb de 18-46-0 par acre) avec une seconde application l'année suivante de 20 lb de N + 30 lb de P/acre;

6. procéder à la transplantation de buissons et d'arbres pour assurer le contrôle de l'érosion et assurer un abri parfois nécessaire sur certaines stations;

7. procéder à une pulvérisation aérienne d'engrais de préférence aux traitements appliqués au sol;

8. on pourra avantageusement utiliser des dispositifs artificiels d'isolation (couvertures excelsior, copeaux de bois, rémanents d'abattage, sciure et mousse de polystyrène) pour retarder ou empêcher le dégel du sol glacé dans certaines zones difficiles.

Le Bureau de l'Aménagement du Territoire de l'Alaska met en oeuvre certaines applications pour l'aménagement des terres dans les régions de pergélisol; les objectifs visés sont les suivants : identifier les zones de pergélisol instable sous l'influence du dégel et les délimiter dans un but strict d'aménagement; délimiter d'autres zones pour leur mise en valeur et l'exploitation de leurs ressources en association avec le contrôle des perturbations de surface; et réhabiliter toutes les zones détériorées. L'accent est mis en particulier sur le contrôle de pergélisol qui sont constituées de sols à texture fine à haute teneur en glace. Plusieurs techniques sont énumérées, en particulier celles qui sont liées à la surveillance des véhicules tout-terrain. On y trouvera aussi une recommandation concernant un plan d'urgence de contrôle de l'érosion faisant appel à la pose de drains et de barrages hydrauliques placés à des intervalles spécifiques sur les terrains en pente, à la sélection de semences et de plants convenables et au choix de mélanges d'engrais et des taux d'application.

1. CANADIAN ARCTIC GAS PIPELINE LIMITED

2. 1974

3. Responses to Pipeline Application Assessment Group requests for supplementary information (Réponses aux questions posées par le Groupe d'étude des installations de grosses conduites "pipelines").

4. Canadian Arctic Gas Pipeline Limited, Toronto. p. 31-1 à 34-2

5. Original

6. a. District Mackenzie; taïga canadienne

   b. Mackenzie central; région du delta du Mackenzie, côtes du Yukon; routes

7. Ce compte rendu contient les réponses de l'entrepreneur aux questions posées par le Groupe d'étude des installations de grosses conduites, du gouvernement fédéral, sur les critères qui ont préludé à l'élaboration des méthodes de reconstitution de la flore, aux spécifications de cette reconstitution, au remplacement et à la reconstitution de la toundra ainsi qu'à la reconstitution de la végétation utilisant des nattes de contrôle de l'érosion.

L'entrepreneur s'est vu invité à expliquer les critères selon lesquels les mélanges spécifiques de semences furent déterminés en fonction de certains types de terrains le long des gazoducs. Trois grandes catégories de drainage ont été définies afin de déterminer les spécifications de la reconstitution de la flore pendant les premiers niveaux de réalisation de cet ouvrage : terrains xériques à drainage excessif; terrains humides à drainage modéré ou convenable; terrains hydriques à drainage insuffisant. La combinaison des espèces végétales utilisée pour le ré-ensemencement est restée pratiquement la même pour chacune des classes générales d'humidité tandis que le taux d'ensemencement varie de façon sensible comme on pourra le constater dans le tableau ci-après. Dans le cas, par exemple, du chiendent tenu Revenue, on a proposé le taux de 10 lb/acre sur terrains secs, celui de 2.5 lb/acre sur terrains humides et rien du tout pour les terrains détrempés.

Par cette mise au point des spécifications, il s'agissait d'insister surtout sur les variétés les mieux adaptées aux conditions édaphiques correspondantes en augmentant, pour y parvenir, le taux d'ensemencement de ces variétés. En raison de la variabilité naturelle des conditions du drainage ainsi que de la variation des conditions de drainage des chemins latéraux au gazoduc, d'autres variétés sont ajoutées aux mélanges

pour leur donner une aptitude accrue et une capacité génétique plus grande lors de la colonisation du micro-habitat en fonction de ses conditions spécifiques.

Les spécifications pour la reconstitution de la flore sur les chemins latéraux au nord du lac Travaillant furent les suivantes :

SITE	SPÉCIFICATIONS	
Terrains xériques, à drainage excessif	Fétuque rouge rampante Arctared	- 10 lb/acre
	Pâturin des prés Nugget	- 10 lb/acre
	Vulpin agreste	- 5 lb/acre
	Chiendent tenu Revenue	- 10 lb/acre
	Alpiste roseau Frontier	- 5 lb/acre
	Fléole Engmo	- 5 lb/acre
	Graminées autochtones	- 5 lb/acre
Terrains humides, à drainage modéré ou convenable	Fétuque rouge rampante Arctared	- 10 lb/acre
	Pâturin des prés Nugget	- 10 lb/acre
	Vulpin agreste	- 5 lb/acre
	Chiendent tenu Revenue	-2.5 lb/acre
	Alpiste roseau Frontier	- 10 lb/acre
	Fléole Engmo	- 10 lb/acre
	Graminées autochtones	-2.5 lb/acre
Terrains hydriques, à drainage insuffisant	Fétuque rouge rampante Arctared	- 10 lb/acre
	Pâturin des prés Nugget	- 10 lb/acre
	Vulpin agreste	- 10 lb/acre
	Alpiste roseau Frontier	- 10 lb/acre
	Fléole Engmo	- 10 lb/acre
	Graminées autochtones	-2.5 lb/acre

Le principe de base proposé pour la reconstitution de la flore sur les bas-côtés du gazoduc s'appuie uniquement sur l'ensemencement. L'entrepreneur a cependant envisagé aussi la possibilité d'arracher des plants de la toundra et de les replanter en association avec les semis.

Les buts de la reconstitution assistée de la flore sur des terrains en pente à l'aide de nattes de couverture ont été ainsi définis : (1) empêcher l'érosion des matériaux de surface contenant les semences, pendant la période qui s'étend entre l'ensemencement et l'établissement de la plante; (2) retenir par paillis superficiel l'humidité favorable à la germination rapide des semences. Cette technique est couramment utilisée au Canada et aux Etats-Unis pour assurer la stabilisation et la reconstitution de la flore sur les tranchées et les bas-côtés des autoroutes. Les mêmes principes conviennent aux opérations de l'entrepreneur; seules les espèces et les variétés de plantes varieront.

Canadian Arctic Gas Pipeline Limited, 1974

Les méthodes de préservation par recouvrement proposées par l'entrepreneur dépendent du type de matériau utilisé. On pourra tout d'abord procéder à l'ensemencement et à l'épandage des engrais à l'aide d'un hélicoptère et à la main si l'on utilise une natte non-ensemencée (copeaux de bois excelsior ou natte de jute). Cette méthode ne conviendra pas si l'on veut utiliser une natte pré-ensemencée qu'il suffira de dérouler à partir de la crête de la pente jusqu'en bas. La natte sera maintenue au sol à l'aide de piquets et de jeunes plants transplantés aux endroits souhaités. Une telle opération devra être conduite aussi tôt qu possible au cours du printemps.

On a estimé que le temps nécessaire à cette opération est de 32 homme/heure par acre couverte par une équipe qualifiée pour la pose et la fixation de la natte.

1. CHADWICK, M.J.

2. 1974

3. Variation in the chemical characteristics of colliery spoil and its relation to vegetational establishment (Variation des caractéristiques chimiques des résidus houillers et ses relations avec l'établissement de la végétation).

4. In : Green Colliery Spoil Banks in the Ruhr, Congrès international spécial, Terrils de charbon dans la Rhur et leur intégration dans le paysage, Siedlungverbandes Ruhrkolenbeziek, Essen, Allemange. p. 22-25

5. Original

6. a. Angleterre; forêt britannique

   b. Yukon méridional; morts-terrains

7. Presque toutes les tentatives d'intégration des terrils de charbon dans le paysage s'appuient sur la reconstitution de la couverture végétale dont le succès est soumis à la variabilité des caractéristiques chimiques des résidus. Cette variation est sensible d'une pente à l'autre, spatialement au niveau d'une seule pente au même moment et temporairement à un endroit bien défini d'une pente.

Les analyses faites de six terrils miniers du Yorkshire montrent bien cette variation que l'on peut attribuer à la teneur en éléments minéraux et en particulier à la teneur en pyrite, en marcassite et en carbonate minéral d'ankérite. On a pu remarquer des différences importantes de pH, de teneur en potassium, en aluminium et en fer dans cinq terrils. Deux terrils se révélèrent pauvres en éléments nutritifs mais pas toxiques, trois se sont montrés toxiques et le sixième a manifesté une valeur moyenne de toxicité.

Les terrils peuvent être chimiquement hétérogènes et peut-être peut-on y trouver la raison de la réussite de l'établissement de la flore. L'épandage de chaux seule sur certains terrils a augmenté le pH mais a réduit le niveau de phosphore disponible si on compare avec un terril de référence. L'épandage de chaux additionnée d'engrais N-P-K a augmenté encore plus le pH et les quantités de phosphore si bien que les graminées (*Agrostis tenuis* et *Festuca rubra*) ont survécu trois ans tandis que le *Lolium perenne* a dépéri après son établissement initial.

Il est donc indispensable de bien connaître la composition chimique des terrils ainsi que les variations auxquelles ils sont soumis. Des analyses

Chadwick, M.J., 1974

récentes permettent de vérifier la variation entre la composition chimique et les facteurs limitant les capacités nutritionnelles. Cette connaissance, associée à la connaissance des préférences nutritionnelles des espèces disponibles pour certains minéraux réduit la probabilité des échecs de la reconstitution de la flore.

1. CLEBSCH, E.E.C. et W.D. BILLINGS

2. 1976

3. Seed germination and vivipary from a latitude series of population at the arctic-alpine grass *Trisetum spicatum* (La germination des graines et leur développement vivipare en fonction d'une série latitudinale de populations de la graminée arctique-alpine *Trisetum spicatum*).

4. In : Arctic and Alpine Tesearch 8 : 255-262

5. Original

6. a. Alaska, Alberta, Wyoming, Nouvelle-Zélande; taïga centrale de l'Alaska, Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; routes

7. Le processus de germination et la période d'établissement constituent deux des problèmes les plus critiques de la vie végétative de la toundra. Dans la présente étude, la germination des graines et le développement vivipare du *Trisetum spicatum* sont examinés en fonction de la température, de la lumière et des sols. C'est pourquoi les graines ont été ensemencées en différents endroits en Amérique du Nord, à des latitudes variant de 41°N (Wyoming) à 70° N (Alaska) ainsi qu'en deux autres endroits dans le Old Man Range (45°S) en Nouvelle-Zélande.

On a pu vérifier que les graines des populations en basses latitudes atteignent leur germination maximale plus lentement et à une température plus élevée que les graines des latitudes plus hautes. La germination des populations de haute latitude s'est montrée sensible et stimulée par la lumière tandis que celle des populations de basse latitude est stimulée par l'obscurité, quel que soit le régime thermique en présence. La simulation des conditions arctiques et alpines a montré que la germination est beaucoup plus lente dans de telles conditons.

La température de 20°C s'est révélée la plus favorable à la germinations des graines de la plupart des populations les plus nordiques ont commencé à germer à 20°C. En ce qui concerne les deux stations de Highwood Pass, Alberta, une alpine et une sub-alpine, les semences alpines ont commencé à germer le quatrième jour à 20°C tandis que les semences sub-alpines ont commencé le quatrième jour à 30°C. La germination des semences de chacune de ces populations s'est adaptée à l'environnement thermique propre à l'altitude d'établissement de la population.

Clebsch, E.E.C. et W.D. Billings, 1976

Du point de vue du développement vivipare, le développement des pousses végétatives foliacées, par rapport aux organes reproducteurs des graminées, s'est opéré en même temps pour les populations de *Trisetum spicatum* soumises aux essais en serres normales et en serres à simulation de climat. Toutefois, on ne possède pas d'informations sur ce développement des espèces autochtones. Les facteurs influençant le développement vivipare n'ont pas été isolés.

Une différenciation écotypique a aussi été mise en évidence entre les différentes populations en ce qui concerne leurs réactions de germination à la lumière et à la température et le développement de leurs pousses foliacées vivipares sous certaines conditions. La germination en lumière permanente est plus importante pour divers endroits d'ensemencement que celle en obscurité permanente des populations végétales nordiques.

1. COMMISSION COUNSEL TO THE MACKENZIE VALLEY PIPELINE INQUIRY

2. 1976

3. Commission Counsel submissions (Soumissions de la Commission consultative).

4. Document provisoire non-publié soumis à I.G. Waddell, Conseil spécial, Enquête sur le gazoduc de la vallée du Mackenzie, Ottawa, Pagination variable.

5. Original

6. a. District du Mackenzie; toundra canadienne

   b. Mackenzie central, région du delta du Mackenzie, côtes du Yukon; routes

7. Ce document provisoire préparé par la Commission consultative de l'Enquête sur le gazoduc de la vallée du Mackenzie contient la documentation rassemblée par les responsables de l'Enquête pour appuyer l'argumentation finale et pour constituer une base de discussion. Plusieurs chapitres séparés, contenant chacun une liste de recommandations, analysent les répercussions socio-économiques, la protection de l'environnement et du territoire, le tracé de l'ouvrage et sa construction.

Une section, intégrée dans la description du gazoduc et de ses installations, souligne la position de la Commission consultative sur la reconstitution de la flore. En recommandation générale, la société détenant des permis de construction du gazoduc dans la vallée du Mackenzie devra s'engager à restaurer la végétation de tous les terrains perturbés soit par la construction, soit par l'exploitation, soit par les opérations d'entretien du gazoduc, et ce dans le but fondamental de contrôler l'érosion. Les objectifs secondaires seront le rétablissement de la flore autochtone et la réduction des répercussions esthétiques.

Il a été admis que la couverture végétale, la sous-couche organique et le réseau racinaire extensif sont des éléments vitaux pour assurer la stabilité des sols. Toute suppression de ces éléments se traduit par l'altération du régime thermique du sol impliquant l'augmentation de l'épaisseur de la couche active en été ainsi que la dégradation du pergélisol. La couverture végétale des régions de pergélisol ainsi que des régions sans pergélisol empêche l'érosion éolienne et les érosions en ravins, en plaque et en rigoles. La destruction de la couverture végétale peut provoquer l'apparition de telles érosions. La reconstitution de la flore des terrains perturbés permet de contrôler l'érosion à condition qu'elle soit faite à l'aide de techniques de drainage appropriées. La restauration du pergélisol après une quelconque dégradation ne peut

être réussie par le seul établissement de la végétation nouvelle à court terme. Le contrôle de la dégradation du pergélisol dépend donc de l'application de moyens non-biologiques; cet état de fait est d'ailleurs admis par les constructeurs actuels.

Les deux constructeurs de gazoduc ont des buts équivalents dans l'établissement de leurs programmes de reconstitution de la flore : le contrôle de l'érosion grâce au rétablissement naturel des communautés végétales. Ils proposent cependant des méthodes différentes pour y parvenir. La société Arctic Gaz projette de faire appel aux variétés agronomiques de graminées pour assurer le contrôle de l'érosion en plaque et en rigoles, en association avec des espèces naturelles jouant un rôle d'appoint. Il projette d'utiliser des boutures d'arbustes pour le maintien des pentes et un mélange de semences composé en partie de deux graminées autochtones, la *Calamagrostis canadensis* et l'*Arctagrostis latifolia*. La Foothills Pipeline Company projette d'utiliser des espèces autochtones en donnant une plus grande place aux méthodes végétatives, dont les boutures.

Les deux projets dépendent considérablement de la stabilité des sols en surface et aucun des constructeurs n'a démontré que son plan puisse être applicable partout, en particulier sur les pentes ou les tranchées dont les sols ont une forte teneur en glace. La Commission consultative a suggéré la nécessité de réaliser des essais à grande échelle avec les méthodes proposées de reconstitution de la flore sur les pentes ayant un grand potentiel d'érosion. Les deux constructeurs reconnaissent la nécessité du suivi permanent de l'opération de reconstitution de la flore. On a aussi admis le risque de conflit avec la faune naturelle dans la mesure où la plupart des opérations se situent en été. Il conviendrait donc de donner la priorité à la reconstitution de la flore des régions les plus sensibles à l'érosion; cette opération de reconstitution devrait aussi être exécutée au moment approprié pour assurer l'établissement végétal le meilleur.

Les recommandations spécifiques de la Commission consultative concernant la reconstitution de la flore sont énumérées ci-après dans l'ordre de leur présentation dans le document original :

1. L'opération de reconstitution de la flore doit être planifiée et exécutée de façon complémentaire aux autres mesures de contrôle du drainage et de l'érosion, plutôt que comme une fin en elle-même. La priorité absolue devra être accordée aux zones les plus susceptibles d'érosion et les plus préoccupantes du point de vue des répercussions de l'érosion sur l'environnement.

   L'entreprise de construction devra assurer la reconstitution de la flore (en même temps que le nettoyage, le nivellement, la préparation

des structures de drainage et de contrôle de l'érosion, etc.) et veillera à ce qu'elle soit démarrée aussitôt après la fin des travaux de construction du gazoduc ou des autres activités périphériques.

A cet effet, l'entreprise de construction veillera à constituer la main-d'oeuvre, les moyens logistiques et l'approvisionnement nécessaires aux besoins d'exécution du programme de reconstitution de la flore afin de respecter le calendrier prévu pour l'opération.

2. L'entreprise de construction devra, dans le cadre du projet préliminaire, fournir à l'Agence la preuve de la pertinence de ses méthodes proposées de reconstitution de la flore pour le contrôle de l'érosion sur les pentes et les tranchées, au moyen d'expérimentations contrôlées sur le terrain ou dans la région de l'ouvrage.

3. L'entreprise de construction devra, au niveau de la vérification de la conception du projet, soumettre à l'Agence ses plans généraux de reconstitution de la flore sur les voies latérales et sur les autres régions perturbées. Ces plans devront indiquer la nature des mélanges de semences et les stations où ils seront utilisés, les méthodes végétatives à utiliser et leurs endroits d'utilisation, les quantités et les composition des engrais, les types d'équipements et leurs applications ainsi que les moments où ils seront utilisés. Il conviendra aussi d'ajouter toute la documentation appropriée expliquant ces procédures.

4. L'entreprise de construction présentera à l'Agence, à la suite de la soummission de son plan général, un plan spécifique de reconstitution de la flore sur chaque unité d'application expliquant en détail les besoins de main-d'oeuvre et de formation, les moyens logistiques, les mélanges de semences à utiliser et leurs taux d'application, le ou les genres d'engrais et leurs taux d'application, les méthodes et le calendrier d'application, les méthodes végétatives et leur application, l'organisation du suivi prévu, les besoins de reconstitution de la flore et les techniques à utiliser pour réduire au minimum les répercussions sur l'environnement. Ces plans de reconstitution devront aussi indiquer comment les techniques, les mélanges de semences et les engrais seront évalués en fonction des variations topographiques, pédologiques et hydrologiques.

5. Lorsque des plans spécifiques de contrôle de l'érosion s'avèrent nécessaires, l'entreprise de construction devra inclure les procédures de reconstitution nécessaire de la flore comme éléments spécifiques du plan général.

Commission Counsel to the Mackenzie Valley Pipeline Inquiry, 1976

L'Agence devra aussi être informée de la source (ou des sources) du matériel végétal nécessaire à l'opération, des besoins de main-d'oeuvre et d'aéronefs pour le ramassage et le dépôt du matériel végétal, de l'emplacement des camps intermédiaires, du calendrier et des conflits potentiels pouvant intervenir avec la faune autochtone.

6. L'entrepreneur de construction devra, dans le cadre de son programme de reconstitution de la flore, veiller au succès de l'opération à court terme et devra répéter les mesures de reconstitution jusqu'à la réussite du programme sur les endroits de défection momentanée. Le contrôle de l'érosion devra être l'objectif fondamental du suivi de la reconstitution de la flore; les considérations esthétiques ne devront intervenir qu'au deuxième plan.

7. L'entreprise de construction devra veiller, dans le cadre de ses opérations et de son programme d'entretien, à la réussite à long terme de son programme de reconstitution de la flore. L'ensemencement supplémentaire sera limité à ce qui nécessite le contrôle de l'érosion et ne sera pas autorisé pour de simples raisons esthétiques. Une telle approche limitera la survie à long-terme des espèces allochtones le long des chemins latéraux et encouragera l'invasion naturelle des espèces végétales autochtones.

8. L'entreprise de construction s'assurera que toutes les conditions requises pour la reconstitution estivale de la flore, qu'elle soit initiale ou supplémentaire, respectent à la fois les besoins des plantes pour leur établissement et les mesures de sauvegarde de la faune autochtone, dans le cas de conflits éventuels.

1. COOK, C.W.

2. 1976

3. Surface-mine rehabilitation in the American West (La réhabilitation végétale des sols miniers de surface dans l'Ouest américain).

4. Environmental Conservation 3 : 179-189

5. Original

6. a. Etats-Unis; Grasslands, Great Basin, Montagnes Rocheuses

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains

7. Les plans de réhabilitation végétale des sols miniers de surface devraient être aussi précis que possible, intégrés aux plans d'ensemble de pré-exploitation minière et enfin, faire partie intégrante des accords ou des contrats conclus entre les locataires à bail et les bailleurs. L'information nécessaire à la préparation d'un programme bien organisé de réhabilitation doit comprendre :

   1. une carte topographique de la contrée avant la mise en exploitation minière de façon à montrer les formations topographiques; elle apportera une aide précieuse lors de la re-configuration des morts-terrains après l'exploitation;

   2. une carte des séquences géologiques, décrivant les caractères physiques et chimiques des sols de surface et du sous-sol; et une évaluation du potentiel de production végétale;

   3. une carte de la couverture végétale identifiant les espèces autochtones (et, si possible, disponibles pour la reconstitution de la flore);

   4. une description de la faune vivant dans la contrée de la future mine;

   5 une description des conditions climatiques locales (quantité annuelle, forme et saison des précipitations, vitesses des vents) pour déterminer l'angle de pente et la texture du sol de surface tolérables de la part de la flore.

L'information à inclure dans un plan de mise en valeur doit aussi identifier la zone qui sera soumise à l'extraction, le type dominant de végétation et le potentiel de réhabilitation totale et rapide. Lorsque le matériau détritique est reformé, il devra être caractérisé en tant qu'unité de réponse écologique (un sol homogène et une communauté végétale

susceptibles de répondre d'une manière plus ou moins similaire au traitement et à l'aménagement); cette caractérisation devra tenir compte de certains facteurs comme le drainage, les variations d'aspect, de pente, de drainage et d'altitude. Cette information devra inclure de façon détaillée :

1. la composition chimique et physique des formations géologiques des morts-terrains, aux fins d'identification des matériaux à enterrer profondément et de ceux à ne pas laisser en surface;

2. l'identification des caractéristiques du sol de couverture ou des moyens de croissance végétale (teneur en substances organiques, limitations dues à la texture édaphique, seuil de la salinité, valeur du pH);

3. les moyens de préparation des planches de semis et de construction des structures de retenue d'eau telles que puits et fossés;

4. la mise au point de plans de fixation des pentes et de leur conservation par une déclivité minimale dans les zones d'aridité maximale; les pentes orientées au sud et à l'ouest ne devant pas avoir une inclinaison supérieure à 5 : 1, et 4 : 1 dans les cas les plus favorables; les pentes orientées au nord et à l'est ne devant pas dépasser 3 : 1;

5 les espèces sélectionnées pour la reconstitution de la flore devraient inclure des graminées, des fourrages et des herbes de pâturage existantes avant l'exploitation de la mine et inclure aussi des espèces autochtones et allochtones, des graminées de gazon et arbustives, des légumineuses fixant l'azote, des espèces à croissance haute et d'autres à croissance basse ainsi que des espèces vivaces et persistantes;

6. les méthodes d'ensemencement devront inclure le semis en lignes et le semis par dispersion avec l'addition d'engrais et de paillis (fibre de bois, ou paille et foin maintenus au sol par l'addition de 300 gallons d'asphalte/acre) qui assurera la conservation du sol;

7. le repiquage aura toutes les chances de réussir s'il est pratiqué avant la saison la plus sensible et dépendante des précipitations;

8. les proportions et les mélanges de semences varient en fonction des différentes stations et de la méthode de plantation, mais, d'une manière générale, les sites les plus pauvres (pentes orientées au sud et à l'ouest) ont besoin de plus de semences que les pentes les plus favorisées (orientées au nord et à l'est).

Cook, C.W., 1976

A l'occasion d'une discussion sur les principaux types de végétation protés sur les sols de mines énergiques dans l'ouest des États-Unis, il fut rappelé avec insistance que les procédures de restauration de la flore dans les zones désertiques et alpines n'ont pas reçu l'attention prêtée aux zones intermédiaires pour ces environnements extrêmes. La zone alpine avec sa courte période de végétation, présente principalement des sols peu épais et des espèces autochtones produisant peu de graines, et constitue donc une zone d'opération difficile en ce qui concerne les moyens rapides et fiables de réhabilitation. Les jeunes plants alpins peuvent être transplantés soit par repiquage en plaques soit par repiquage en potets, mais cette méthode est onéreuse et peu adaptée aux grandes superficies d'opération.

1. COURTIN, G.M.

2. 1976

3. The application of processed organic wates to acid mines tailings (L'utilisation de composts organiques traités pour les haldes acides).

4. In : Comptes rendus de la séance inaugurale de l'Association canadienne pour la mise en valeur des terres, département des sciences des cultures, Collège d'Agriculture de l'Ontario, Université de Guelph, Guelph, Ontario. p. 26-37

5. Original

6. a. Ontario; taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; résidus miniers

7. Dès 1973, on a épandu des composts organiques retraités sur les haldes détritiques de la mine Copper Cliff de la société International Nickel Comapny. Bien que l'étude soit encore en cours, des conclusions préliminaires sont présentées dans le présent article. C'est ainsi qu'aucun symptôme de toxicité de la part de métaux lourds n'a pu être remarqué à l'occasion des expériences réalisées avec des plantes. Cette absence de toxicité montre que la couverture organique constitue donc un changement avantageux indépendant de l'amélioration de la texture et de la capacité de rétention d'eau par les sols. D'autre part, l'azote en présence dans les composts organiques traités existe sous une forme aisément absorbable par les plantes et joue ainsi un rôle important comme engrais.

On n'a pas encore déterminé l'efficacité des haldes comme agents de filtration et de rétention des bactéries associée à l'utilisation des boues d'eaux noires.

1. CROCKER, R.L. et B.A. DICKSON

2. 1957

3. Soil development on the recessional moraines of the Herbert and Mendehall Glaciers, south-eastern Alaska (Mise en valeur des moraines laissées par la récession des glaciers Herbert et Mendehall, dans le sud-est de l'Alaska).

4. Journal of Ecology 45 : 169-185

5. Original

6. a. Alaska; région côtière sud

   b. Yukon méridional; morts-terrains

7. La présente étude a porté sur la formation du sol, dont la séquence s'étend sur 200 ans, constituée par les moraines laissées par la recession des glaciers Herbert et Mendenhall et formé principalement de diorite quartzifère. La succession correspondante de la végétation qu'on y rencontre va du dépôt morainique nu avec des stades primaires jusqu'à la forêt établie d'épinettes. Le stade primaire, composé d'herbe à feu (*Equisetum variegatum*), de lupin (*Lupinus nootkatensis*), d'arbustes et semis sporadiques d'arbres est progressivement remplacé par un fourré d'aulnes (*Alnus crispa* var. *sinuata*) et de saules (*Salix* sp.). Cet étage est à son tour remplacé par des peupliers de l'Ouest (*Populus trichocarpa*) et des épinettes de Sitka (*Picea sitchensis*) qui poussent entre les aulnes et les saules. Après une période de 50 à 60 ans, une forêt de peupliers et d'épinettes émerge au-dessus d'un taillis en sous-étage d'arbustes adultes et en déclin. Les peupliers sont en dernier lieu remplacés par une forêt d'épinettes après une période de 100 à 120 ans.

Les propriétés du sol ont commencé à changer avec le début de l'établissement des espèces pionnières *Epilobium* et *Equisetum*, le plus souvent en l'espace de 5 à 10 ans. Ces changements du sols sont :

1. un changement de la densité apparente consécutif à la progession de la succession;

2. un déclin initial rapide du pH de surface, suivi de réductions plus lentes du pH à de plus grandes profondeurs du sol;

3. entre 10 et 60 ans, l'azote s'est accumulée au taux constant de 4.0 g/m^2/an (36 lb/an) dans le substrat minéral de la forêt. Après 60 ans, 0.2 kg/m^2 (1800 lb/acre) d'azote a été amassée. La chute du taux d'accumulation de l'azote entre 60 et 70 ans correspond étroitement au moment du passage de la dominance de l'aulne à son déclin;

Crocker, R.L. et B.A. Dickson, 1957

4. la teneur totale en carbone organique augmente dans l'étage sol minéral-substrat forestier tout au long de la séquence chronologique avec une certaine réduction du taux d'accumulation en fonction de l'âge, mais pas de façon aussi prononcée que pour celui de l'azote;

5. L'humidité du sol de surface augmente avec le temps.

1. CROCKER R.L. et J. Major

2. 1955

3. Soil development in relation to vegetation and surface age at Glacier Bay, Alaska (Constitution du sol en fonction de la flore et de l'âge de la couche superficielle à Clacier Bay, Alaska)

4. Journal of ecology 43 : 428-448

5. Original

6. a. Alaska; région côtière méridionale

   b. Yukon méridional; morts-terrains

7. Les changements des propriétés du sol de vastes régions abandonnées depuis peu par les glaces à Glacier Bay, (Alaska) sont ici étudiés en fonction de l'évolution de la flore entre le moment de la colonisation primaire du dépôt morainique nu et celui de la forêt dominée par l'épinette.

C'est ainsi que trois stades de végétation se sont succédé au cours des temps: la communauté pionnière ou primaire, le fourré de saules et d'aulnes et la forêt d'épinette. Les plantes pionnières se multiplient toutes par la production de "disséminules" mobiles et le matériau édaphique d'origine est estrêmement variable. Les mousses sont les premières à s'établir *(Rhacomitrium canescens* et *Rhacomitrium lanuginosum)*, *Epilobium latifolium*, *Equisetum variegatum* et *Dryas drummondii*. La dernière espèce citée joue un rôle important dans la constitution d'un tapis végétal serré. Trois espèces naines s'établissent à ce moment.

Les saules du deuxième stade se développent et s'élèvent et, en même temps que les aulnes, marquent la transition vers le stade du fourré où la dominance revient à l'aulne. L'épinette de Sitka *(Picea sitchensis)* domine le stade arbustif, tout d'abord seule puis ultérieurement associée à deux pruches *(Tsuga heterophylla* et *Tsuga mertensiana)*.

Le pH du sol baisse rapidement avec l'établissement de la végétation et le type de plantes influence sensiblement le taux de variation du pH. L'aulne a un net effet d'acidification; les horizons édaphiques supérieurs sous les aulnes ont vu leur pH tomber de 8.0 à 5.0 en l'espace de 35 à 50 ans. La teneur en carbonate de calcium sous les aulnes est aussi passée de 5% à presque rien dans le même temps; c'est-à-dire une variation beaucoup plus importante qu'avec les autres espèces ou que dans d'autres zones sans végétation. L'aulne a une importante chute de feuilles et sa structure arbustive est propre à retenir la

Crocker, R.L. et J. Major, 1955

chute des feuilles des autres espèces comme le *Salix* et le *Populus*, dont la décomposition accentue l'acidité. C'est ainsi qu'en l'espace de 40 à 50 ans, 5 à 6 kg/m^2 de résidus organiques se sont accumulés sur 6 à 7 m d'épaisseur au-dessus du substrat initial sans les aulnes, avec un pH variable entre 4.2 et 4.6. Le carbone organique connaît une augmentation constante, la densité apparente diminue, la litière s'accumule, le pH tombe rapidement au début puis ne varie plus guère après l'apparition du stade du fourré d'aulne. La teneur en azote augmente sous les *Dryas* et les aulnes mais diminue sous les épinettes.

Les *Dryas* concentrent des quantités considérables d'azote mais pas autant que les aulnes - l'accumulation de l'azote sous le tapis de *Dryas* est de 1.04 à 1.33% de matière sèche, soit environ la moitié de celle qui est concentrée dans la litière sous les aulnes (2.08%). Les *Dryas*, *Stepherdia canadensis*, et les aulnes ont tous des mycorrhizes qui fixent l'azote de l'atmosphère. Ces trois espèces ont un développement vigoureux même lorsque la teneur en azote du sol est faible, cas caractéristique des dépôts glaciaires ou des sols à végétation pionnière. Des accroissements importants de la teneur en azote peuvent apparaître en l'absence de végétation macroscopique et l'existence relative de forts pourcentages d'azote sous des dépôts d'algues semble indiquer que ces micro-organismes peuvent aussi fixer l'azote ou, peut-être retenir l'azote par absorption.

1. CURRAN, H.J.B. et H.M. Etter

2. 1974

3. Environmental design for northern road development (Contrôle de l'environnement pour la construction des routes dans le nord).

4. Service de la protection de l'environnement, région nord-occidentale. EPS 74-18. Compte rendu non publié. Pagination variable.

5. Original

6. a. District du Mackenzie; taïga canadienne, toundra canadienne.

   b. Sud-ouest du Mackenzie, centre du Mackenzie, région du delta du Mackenzie; routes.

7. Ce rapport présente les grandes lignes des directives concernant la sélection du tracé, les opérations de relevé de l'environnement, l'alignement, la conception la construction et l'entretien des routes dans le réseau du nord et l'annexe A de ce rapport est consacrée aux techniques de reconstitution de la flore. Deux points d'ordre général de cette reconstitution y sont analysés : 1) la culture et l'aménagement pour l'établissement des graminées et des légumineuses et 2) les types de sols et de stations et les plantes conseillées. L'information qui a servi à la composition de cette annexe provient essentiellement de "*A vegetative Guide for Alaska*" U.S.D.A., Soil Conservation Service Publication M7-N-22612 (1972) et d'études récentes réalisées dans les zones arctiques et subarctiques du Canada et de l'Alaska.

La première partie sur la culture et l'aménagement est divisée en plusieurs chapitres :

1. Sols - la couche supérieure, épaisse de 12 pouces, doit être constituée de limon pouvant retenir une épaisseur de 3/4 de pouce d'eau; ce sol doit aussi être suffisamment meuble pour permettre la pénétration des racines et le travail mécanique en vue de la préparation convenable des planches de semis. Lorsque le sol de recouvrement a été retiré, il sera peut-être nécessaire de le remplacer par une couche limoneuse de 4 pouces d'épaisseur avant l'ensemencement.

2. Préparation du semis - les planches de semis, sur terrain nivelé doivent être ameublies et rendus compactes; l'empreinte du talon doit être à peine visible sur la surface ainsi travaillée. Il sera nécessaire d'y incorporer de la végétation morte et des matières organiques pour obtenir une planche de semis

satisfaisante. Quand il est impossible d'utiliser des machines agricoles pour ce travail soit parce que la pente est trop forte, soit parce que la surface est réduite, il faudra veiller à bien préparer le sol et à le laisser suffisamment rugueux pour retenir les graines ensemencées en plein. Une planche de semis bien préparée a besoin de moins de semences et constitue un atout supplémentaire pour la réussite de la plantation.

3. Caractéristiques des semences. On n'utilisera que des lignées nordiques de graminées et de légunineuses. Des essais expérimentaux de germination et de contrôle de pureté sont nécessaires pour fixer le taux correct d'ensemencement en fonction de chaque variété de graminée et de légumineuse. Avant leur ensemencement, les légumineuses doivent recevoir un traitement de scarification et d'inoculation avec les bactéries correspondantes fixatrices d'azote.

4. Saison d'ensemencement - les ensemencements faits en début juin donnent les meilleurs résultats. Les ensemencements plus tardifs au cours de l'été peuvent être faits jusqu'au 10 août au plus tard pour les graminées et les légumineuses. Si l'on désire établir une couverture momentanée pour réduire l'érosion, on pourra planter de l'ivraie ou du blé jusqu'au 1er septembre que l'on remplacera au printemps par des plantes herbacées vivaces.

5. Méthodes d'ensemencement (quatre) - (1) Semis en ligne. Le semoir à graminées conviendra très bien aux terrains bas et aux terrains à pente douce; la déclinaison de la pente et la nature du terrain décideront de la méthode à utiliser. Les semences de petite taille ne devront pas être enfouies à plus d'un demi-pouce de profondeur. La surface pourra être rendue compacte pendant ou après l'ensemencement; (2) Hydro-ensemencement. Il convient aux pentes à forte déclivité où le semis en ligne est impossible. Si l'on applique ensemble la semence, l'engrais et la substance de protection, la proportion maximale de mélange sera de 100 à 150 lb de solide pour 100 gallons d'eau, en prenant la précaution de bien mélanger, au départ, les semences et l'engrais dans un réservoir rempli en 1/3 d'eau avant d'y ajouter la substance de protection. Le mélange avec l'engrais devra être utilisé dans les heures qui suivent sa préparation. Le mieux est de procéder en premier à l'épandange du mélange semences/engrais, ce qui assure une bonne tenue de la semence sur le sol. Les spécifications de semences, d'engrais et de substance protectrice sont indiquées dans *"A Vegetative Guide for Alaska, (1972)*; (3) Semis en plein. Cette technique double le taux d'application des semences recommandé pour le semi en ligne; (4) Bouturage. Le bouturage (Plantation d'une pousse, d'une racine ou d'un rejet d'une plante) et la pose de plaques de gazon (couverture de la surface avec du gazon en plaques) sont deux

méthodes coûteuses mais sont parfois préférables à l'ensemencement direct lorsque le terrain est critique.

6. Fertilisation - Elle est nécessaire pour améliorer la croissance de l'herbe et devra être répétée les années suivantes pour assurer la réussite de l'opération. En général, on recommande un engrais NPK 60-60-60 pour la première année, suivi, les années d'après, d'épandages d'entretien d'engrais 30-60-30 sur les zones de constructions ou selon les résultats des analyses du sol. D'autres combinaisons possibles sont indiquées dans *"A Vegetative Guide for Alaska"*. On obtiendra de meilleurs résultats avec des engrais contenant au moins la moitié de leur azote sous forme de nitrate. L'urée n'est pas conseillée en raison de sa solubilisation lente dans les sols nordiques.

7. Entretien - Les planches de semis devront rester humides tant que l'herbe n'aura pas atteint 1 à 2 pouces de hauteur. Il conviendra, si possible, d'irriguer pendant les périodes de sécheresse prolongée. Certaines stations critiques auront besoin d'irrigation, de réensemencement, de bouturage et d'application supplémentaires de paillis de protection et d'engrais.

8. Couverture de protection. Les avantages de cette couverture sur des stations critiques sont : la rétention de l'humidité, la protection du sol contre l'érosion, le maintien des semences en place et l'équilibrage de la température du sol. Elle peut être appliquée soit mécaniquement soit à la main de façon uniforme, de telle sorte que le sol nu reste ponctuellement visible entre les brins de la couverture - les types les plus courants sont : le foin, la paille fine, le foin calamagrostide autochtone, le mélange paille-asphalte, le paillis de fibre de bois, la tourbe, la natte de jute ou le gravelage. L'utilisation de paille de graminées portant leurs semences ou de foin de calamagrostide local fauché au moment de sa maturité a l'avantage d'augmenter l'ensemencement par l'apport supplémentaire des semences de la paille ou du foin. La pose d'une couverture de protection n'est pas nécessaire sur les stations favorables et ne devra pas être faite trop tôt au printemps car elle risque de retarder le réchauffement solaire du sol. L'application de liants à couleur sombre sur les versants orientés au nord permettra d'augmenter la température de surface et d'accélérer la croissance. Les semences ayant subi un enrobage avec liant peuvent ne pas germer ou germer seulement avec lenteur. Différentes techniques permettent de maintenir la couverture de protection : ancrage direct dans le sol avec un outil approprié, clouage avec différents types de crochets ou ficelage avec un réseau de coton ou un grillage métallique.

Curran, H.J.B. et H.M. Etter, 1974

9. Ensemencements annuels - L'ivraie *(lolium perenne)* apporte, grâce à sa croissance rapide, un moyen de lutte contre l'érosion si elle est semée à raison de 10-25 lb/acre ou plus, avant le 1er août. Il faudra y ajouter des espèces vivaces dès le printemps suivant. Elle peut aussi être semée en association avec des graminées vivaces.

10. Semences autochtones - La calamagrostide *(calamagrostis canadensis)* et l'arctagrostide *(Arctagrostis latifolia)* locales colonisent très bien les zones perturbées dans la forêt et la toundra nordiques. Les moyens d'approvisionnement de ces espèces sont limités et leur vitesse de croissance est plus faible que celle des espèces agronomiques.

Des exemples d'espèces, de mélanges, de variétés et de taux d'ensemencement par semis en ligne sont tirés de *A Vegetative Guide for Alaska* pour les cinq écotypes classés de la série xérique à la série hydrique.

1. CURTIS, W.R.

2. 1971

3. Terraces reduce runoff and erosion on surface-mine ventures (Les terrasses comme agent réducteur du ruissellement et de l'érosion sur les exploitations minières à ciel-ouvert).

4. Journal of Soil and Water Conservation 26 : 198-199

5. Original

6. a. Kentucky; forêts orientales

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains

7. La stabilisation mécanique, utilisant des terrasses, peut être un moyen efficace de contrôle du ruissellement et de l'érosion sur les exploitations minières à ciel-ouvert. Pendant deux ans, une étude comparative de quatre parcelles déterminées a permis d'aboutir à une telle conclusion. A cet effet, on sélectionna deux amas détritiques adjacents avec chacun une parcelle expérimentale et une parcelle de référence : le premier était composé essentiellement de sol schisteux tandis que l'autre avait un fort pourcentage de roches psammitiques. Les terrasses furent constituées à l'aide d'une herse Rome et d'un rouleau compresseur vibrant : les terrasses mesuraient 7 à 8 pieds de large et moins de 8 pouces de haut et furent établies sur une pente de plus ou moins 1%.

Dans la zone des schistes, l'écoulement maximum sur la parcelle en terrasses a été diminué de 65% par rapport à la parcelle de référence, l'affaissement sédimentaire a diminué de 52%, et le ruissellement total a diminué de 42%. Des mesures comparables sur les parcelles à roches psammitiques ont montré que l'écoulement maximum de la parcelle en terrasses a diminué de 65% l'affaissement sédimentaire de 70% et le ruissellement total de 6%. On constate donc que la réduction de l'écoulement maximum grâce à l'établissement de terrasses a été de 65% pour les deux aires d'alimentation hydrographiques bien que les schistes se désagrègent à des tailles inférieures à celles du grès ou roches psammitiques et que son potentiel d'érosion soit plus grand. Sur l'une et l'autre des parcelles en terrasses, le temps de ruissellement après orage a été élevé en moyenne de 1%. En étudiant séparément les saisons de croissance et de dormance, on a pu vérifier que le temps de ruissellement est nettement augmenté sur les parcelles en terrasses pendant la saison de croissance et qu'il est légèrement réduit pendant la saison de dormance.

Curtis, W.R., 1971

Les parcelles furent hydro-ensemencées avec un mélange d'ivraie, de trèfle, de fétuque 31 Kentucky et de robinier faux-acacia. A la simple comparaison visuelle, on a pu constater le développement d'une meilleure couverture végétale sur les parcelles en terrasses, fait qui peut être attribué à la préparation efficace des planches de semis et à la conservation de l'humidité.

1. DABBS, D.L.

2. 1974

3. Rationale and problems in the use of native pioneer species in land reclamation (Étude raisonnée de l'utilisation et problèmes posés par l'utilisation des espèces pionnières autochtones pour la mise en valeur de terres).

4. In : D. Hocking et W.R. McDonald, Éditeurs, compte-rendu d'un groupe de travail sur la mise en valeur des terres perturbées en Alberta, centre de recherche sur la forêt nordique, Edmonton, rapport d'information NOR-X-116, p. 82-87.

5. Original

6. a. District de Mackenzie; toundra canadienne, taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie; Mackenzie central, région du delta du Mackenzie, région côtière du Yukon; routes

7. On y fait une distinction entre la reconstitution de la végétation, c'est-à-dire la fourniture rapide d'une couverture végétale pour la lutte contre l'érosion, et la remise en valeur des terres, c'est-à-dire la restauration d'un écosystème endommagé pour lui redonner un état de succession végétale primaire en utilisant les mêmes espèces pouvant naturellement envahir de nouveau ce terrain. Dans le présent document, on s'est surtout attaché aux questions de restauration de la végétation en vue de mettre au point un programme en collaboration avec la société Canadian Arctic Gas Study Limited.

A cet effet, des parcelles ont été établies en quatre points nordiques afin de déterminer quelles espèces et variétés pourraient s'établir et se développer dans les régions arctiques et subarctiques. Les essais en parcelles ont montré que certaines graminées commerciales peuvent survivre et constituer une bonne couverture végétale pendant quatre ans mais leur capacité à long terme n'est pas encore connue. Deux graminées pionnières autochtones, *Calamagrostis canadensis* et *Arctagrostis latifolia*, ont été lentes à s'établir au début mais, dès la troisième année, leur capacité de couverture et leur biomasse ont été équivalentes sinon supérieures à celles de la plupart des graminées commerciales. Leur production annuelle a été de 2 à 8 fois supérieure à celle de deux espèces commerciales, la fétuque rouge rampante Arctared et le pâturin des prés Nugget, qui ne meurent pas en hiver.

Dabbs, D.L., 1974

L'utilisation des espèces autochtones posent les problèmes suivants : (1) obtenir un stock de semences suffisant pour la multiplication en champs; (2) produire une espèce agricole adaptée aux terrains perturbés nordiques. Si l'on veut cultiver et augmenter les semences des deux espèces autochtones susmentionnées, il est nécessaire de bien connaître leur floraison et leur production de semences à de plus basses latitudes, les techniques agricoles nécessaires pour augmenter au maximum la production de semences, et les variétés écotypiques les mieux adaptées pour atteindre l'objectif qui dans ce cas est la reconstitution de la végétation sur les bas-côtés des grosses conduites.

L'étendue des thèmes de recherche à l'étude au moment de la présentation de cet article montre dans une certaine mesure la complexité de la tâche. L'étude des performances des espèces a été entreprise afin de déterminer les effets de la concurrence inter-spécifique des espèces et de comparer la production relative des systèmes racinaires et foliacés des espèces autochtones et des espèces agronomiques. On entreprit des études sur la variation écotypique en fonction de diverses localités nordiques situées entre 60^{o}N et 70^{o}N afin d'identifier les caractéristiques et les variétés utilisables pour la reconstitution de la végétation. Il sera nécessaire d'établir des parcelles expérimentales d'ensemencement pour déterminer l'influence des engrais et de l'irrigation sur la floraison et la production des graines.

La recherche à venir s'est fixée pour but de déterminer : (1) le niveau de chaque facteur pris isolément ou de plusieurs en association qui permettra la meilleure production florale: (2) les différences entre les caractéristiques de floraison de lignées provenant d'autres latitudes; (3) les moyens de raccourcir le temps de production de graines; (4) les traitements qui permettront d'augmenter au maximum la production de graines. L'auteur a indiqué que l'utilisation pratique d'espèces autochtones n'en est qu'à ses débuts et qu'elle doit encore passer de nombreux obstacles.

1. DABBS, D.L.

2. 1975

3. Revegetation (Reconstitution de la flore).

4. In : Canadian Gas Arctic Study Limited, les répercussions des travaux d'ouverture du corridor Mackenzie et de la construction du gazoduc sur la flore et la faune. Document témoin présenté à la Commission d'Enquête sur le gazoduc de la vallée du Mackenzie. p. 7-18

5. Original

6. a. District du Mackenzie; toundra canadienne, taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, région du delta du Mackenzie, région côtière du Yukon; routes.

7. Trois grandes orientations de recherches ont été données aux études sur la reconstitution de la flore réalisées pour la société Canadian Arctic Gas Study Limited. Premièrement, une classification et un relevé de la végétation existante ont été réalisés sur le tracé prévu, afin de repérer les unités écologiques significatives. Deuxièmement, des essais de reconstitution de la flore ont été réalisés en différents endroits tout au long du tracé ainsi qu'une évaluation complémentaire des performances des espèces. En dernier lieu, une étude de contrôle de l'environnement a été planifiée sur de nombreuses années pour connaître les conditions naturelles de drainage des sols et de la végétation avant d'entreprendre aucune construction.

Le premier objectif du programme de reconstitution de la végétation est d'apporter un moyen de contrôle de l'érosion visant à la stabilisation du sol et d'aider le processus naturel de succession végétale visant au rétablissement d'une couverture végétale naturelle permanente et stable.

Dans les régions de toundra il peut s'avérer nécessaire de compléter l'ensemencement et la fertilisation par d'autres techniques telles que le repiquage de boutures d'arbustes, la pose de nattes superficielles de contrôle de l'érosion, de quadrillage et le remplacement de la couverture végétale de toundra afin d'atteindre le degré de reconstitution de la flore désiré. Des opérations d'ensemencement et de fertilisation supplémentaires peuvent être aussi nécessaires mais on s'attend à ce qu'elles soient limitées à de petites sections.

Dabbs, D.L., 1975

Les recherches dirigées par la Canadian Arctic Gas et par Hernandez (1973) ont montré que l'utilisation de variétés agronomiques de graminées ne constitue pas une menace pour les communautés végétales autochtones. Toutefois, les espèces proposées sont des espèces soit elles-mêmes autochtones soit adaptées depuis longtemps et appartiennent toutes à des genres qui entrent dans les écosystèmes nordiques. La fétuque rouge rampante, l'alpiste roseau et le chiendent tenu sont des plantes autochtones des régions boréales du Canada. Les variétés commerciales sont des lignées génétiques dérivées des populations autochtones existantes. Le pâturin des prés, le vulpin agreste et la fléole sont typiques des régions tempérées froides et l'agrostide traçante est commune du Canada occidental.

Les recherches de reconstitution de la flore ont aussi démontré la valeur de deux variétés non enregistrées, la fétuque rouge rampante Arctared et la fléole Engmo, adaptées aux régions arctiques. Ces espèces ont depuis été autorisées par Agriculture Canada spécialement pour la reconstitution de la végétation en zone arctique.

La Société Arctic Gas a conclu différents contrats de multiplication de semences avec un courtier en graines visant à la production de grandes quantités de semences nordiques qui ne sont pas disponibles sur le marché. Il faut s'attendre à un grand délai de mise à disposition des semences nécessaires à une importante opération de construction. L'entrepreneur compte réussir la reconstitution de la végétation sur les bordures du gazoduc bien qu'il s'attende aussi à rencontrer des problèmes dans certaines régions, celles en particulier soumises à des variations imprévisibles de leur climat. Un programme de surveillance est prévu pour repérer ces zones et prendre les mesures nécessaires pour contrôler l'érosion.

Il faut aussi s'attendre aux répercussions probables des programmes de reconstitution de végétation sur la faune en raison des activités d'ensemencement. On propose à cet effet de réaliser des ensemencements aériens divers afin d'éviter les périodes critiques de l'année pour les oiseaux aquatiques et pour les mammifères. Les ensemencements par hélicoptères dans les régions nordiques ne devraient normalement pas commencer avant le 20 juin soit une semaine ou plus après la dernière date connue de mise à bas des hardes de caribous Porcupine.

1. DABBS, D.L.

2. 1976

3. Revegetating the North (Reconsitution de la végétation dans le Nord).

4. Agrologist 5 (4) : 28-30

5. Original

6. a. District du Mackenzie; toundra canadienne, taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, centre du Mackenzie, région du delta du Mackenzie, région côtière du Yukon, routes.

7. L'auteur du présent ouvrage a été le responsable de la mise au point des projets d'écologie végétale et de reconstitution de la flore autour de l'opération de construction du gazoduc dans la vallée du Mackenzie. Un programme de recherche de reconstitution de la végétation a débuté en 1971 sur une station expérimentale à Sans Sault Rapids, Territoire du Nord-Ouest où quatre gazoducs expérimentaux furent construits. Le programme visait à sélectionner des variétés de graminées susceptibles de constituer une couverture végétale de lutte contre l'érosion et de survivre pendant un long hiver, à une saison de croissance réduite, à des journées d'éclairement longues de 24 heures en été et au gel permanent sur des sols froids déficients en éléments nutritifs. Pour ces essais, les parcelles furent semées en plein afin de simuler l'ensemencement aérien et aucune préparation des planches de semis ne devait intervenir. L'engrais fut appliqué et les résultats initiaux ont montré une croissance rapide des graminées ainsi semées. Toutefois, après quelques saisons de nombreuses variétés de graminées méridionales furent tuées par l'hiver et il ne resta que huit ou dix variétés utilisables pour la reconstitution de la végétation dans la vallée moyenne et supérieure du Mackenzie.

Dans d'autres projets, l'ensemencement par hélicoptère de sites abandonnés de forage dans le delta du Mackenzie a permis la mise au point de procédures de mélange de semences et de taux d'application pour de grandes stations perturbées hétérogènes dans les régions nordiques. Dans ce programme, les herbes fouragères ont été utilisées comme traitement temporaire de lutte contre l'érosion en comptant sur la croissance des espèces autochtones pour assurer la stabilité à long terme des sols. L'encouragement du rétablissement de la végétation autochtone dépend de plusieurs facteurs : (1) le dosage précis des taux d'ensemencement pour les herbes fourragères et les applications d'engrais afin de créer une couverture végétale suffisante pour la lutte contre l'érosion mais pas non plus trop dense car elle risquerait d'empêcher l'invasion des espèces autochtones; (2) des espèces autochtones sont ajoutées dans les mélanges de semence en utilisant en

Dabbs, D.L., 1976

particulier des graminées indigènes prédominates *(Calamagrostis canadensis* et *Arctagrostis latifolia)* pour les régions forestières et les régions nordiques respectivement.

Une source d'approvisionnement en semences d'espèces adaptées est actuellement en cours de développement dans le delta du Mackenzie. La possibilité d'utiliser des boutures foliacées d'arbustes indigènes (saule et aulne) au niveau des confluences de rivières, ainsi que des nattes et paillis pour le contrôle de l'érosion sur les pentes à forte déclivité est actuellement à l'étude. La remise en valeur des sols de surface pour le remplacement de la végétation de toundra sont des méthodes complémentaires de contrôle de l'érosion et qui pourront être utilisées comme suplément aux techniques d'ensemencement et de fertilisation.

Une grande partie du programme de reconstitution de la végétation est basée sur une étude et un relevé du paysage rencontré sur toute la longueur du gazoduc et cette étude a fourni ainsi une page de références pour l'évolution des répercussions et une page d'informations pour les opérations de reconstitution de la flore et pour la planification de ces ouvrages. Dans la mesure où de nombreuses variétés de graminées fourragères, comprenant la fétuque rouge rampante Arctared, le pâturin des prés Nugget et la fléole Engmo, ont des sources d'alimentation limitées, des contrats de multiplication de semences ont été réalisés et conclus avec des grainetiers dans différentes régions du Canada et des Etats-Unis avec un calendrier de livraison établi en fonction des plans de construction de l'ouvrage.

L'auteur a insisté sur l'importance d'établir des conditions physiques stables grâce à un drainage approprié et à un bon contrôle de l'érosion avant d'entreprendre toute opération de reconstitution de la flore. Ce problème revêt une importance capitale dans les régions de pergélisol où la suppression de la couche organique isolante risque d'accroître la profondeur du dégel au cours de l'été provoquant ainsi de plus grandes possibilités d'érosion. La constitution d'une couche organique de matériaux morts à partir d'une station de végétation est particulièrement importante pour le retour au régime thermique antérieur à la construction, fondamental pour assurer la stabilité du terrain en condition de pergélisol.

1. DABBS, D.L. W. FRIESEN and S. MITCHELL

2. 1974

3. Pipeline revegetation (Reconstitution de la végétation autour de gazoduc).

4. Rapport préparé par la société Northern Engineering Services Company Limited pour la société Canadian Arctic Study Limited, Biological Report Series, volume 2. 67 p.

5. a. District du Mackenzie; toundra canadienne; taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, région du delta du Mackenzie, région côtière du Yukon, routes

7. C'est un compte rendu des résultats obtenus après la première et la seconde année de recherche de reconstitution de la flore autour des installations expérimentales du gazoduc à Sans Sault Rapids (65 40 N, 128 49 W) dans la vallée du Mackenzie.

Le but était de vérifier l'adaptation de 23 espèces, des graminées pour la plupart, pour la reconstitution de la végétation sur des terrains perturbés dans la forêt boréale nordique. Les espèces expérimentées ont été évaluées sur la base de : taux de croissance, surface du sol couverte par le système foliacé; la production de biomasse; le taux et la profondeur atteinte par le système racinaire; l'accumulation de litière; la survie à l'hiver; les besoins en éléments nutritifs pour l'établissement et la continuité de la croissance; la valeur d'isolation et les répercussions sur le budget énergétique du sol.

D'autres chapitres de cette étude comprenaient une évaluation de l'utilisation des boutures d'arbustes plantées à la main sur les versants et sur les berges des rivières, les relations entre les petits mammifères et la nouvelle couverture d'herbe et la possibilité d'utiliser les méthodes d'arrachage et de remplacement. La dernière étude a été réalisée sur le Yukon septentrional à proximité de la côte.

Les graminées les plus adaptées pour la reconstitution de la flore dans la région de Sans Sault Rapide furent : la fétuque rouge rampante Boréale; le pâturin des prés commun; le vulpin agreste; l'alpiste roseau Frontier; la fléole Climax; le chiendent tenu Revenue; et la fétuque des prés. Pour la région de Sans Sault, le mélange de semences recommandé à appliquer par ensemencement aérien en plein fut :

la fétuque rouge rampante boréale	proportion	10-15 lb/ac
le pâturin des prés commun	proportion	10-13 lb/ac
le vulpin agreste commun	proportion	10-13 lb/ac
l'alpiste roseau frontier	proportion	10-15 lb/ac

Dabbs, D.L., W. Friesen and S. Mitchell

On peut aussi augmenter la diversité du mélange en ajoutant 5 lb/ac de fléole Climax ou de fétuque des prés. La fléole peut remplacer le vulpin dans ce mélange si le vulpin agreste n'est pas disponible. Pour les terrains bien drainés plus secs, il est nécessaire d'ajouter 5 à 10 lb/ac de chiendent tenu Revenue, Dans ce cas, on supprimera une quantité équivalente d'alpiste roseau.

En 1972, les plantations de trèfles hybrides et de luzerne n'ont pas bien donné et ne sont pas par conséquent recommandées pour la latitude de Sans Sault. Il n'en reste pas moins indubitable que ces légumineuses seront tout à fait avantageuses dans des mélanges de semences utilisés sur des endroits situés plus au Sud.

Les auteurs recommandent d'utiliser l'arrachage et la fabrication de plaques pour deux régions principales,

(1) les basses terres de toundra à Carex où il restera une grande quantité de rhizomes dans les plaques et ces rhizomes continueront de croître. Ces régions restent difficiles à implanter en herbe à partir de semences, en raison de la grande humidité de la zone;

(2) la région de linaigrette en touffes dans les hautes terres vallonnées du plateau arctique. Les touffes de linaigrette sont rapides à se réétablir.

L'étude de stabilisation des pentes a porté sur la plantation de boutures d'arbrisseau sur une ligne de prospection sismique, sur des versants et sur routes, au cours de l'automne 1971. En automne 1972, la survie des arbustes sur la ligne de prospection sismique a été la suivante : *Salix alaxensis* 94%; *Salix arbusculoides* 83%; *Salix planifolia* 22%; *Alnus incana* 60%, *Alnus crispa* 100%; *Cornus stolonifera* 0%; *Betula papyrifera* 0%.

La surface totale plantée a été de 315 m^2 à la densité de 10.3 pousses par m^2. Ce programme de plantation exige 52 heures de main-d'oeuvre. Ces chiffres correspondent aux valeurs de 1 650 hommes/heure par ha ou 660 hommes/heure par acre. Ces chiffres peuvent être réduits à 1 500 hommes/heure par ha ou environ 600 hommes/heures par acre pour du personnel qualifié, efficace et avec des densités de plantation un peu plus faibles. Les auteurs concluent en disant que la plantation de boutures de saule et d'aulne est une méthode efficace pour contrôler l'érosion sur les versants exposés. Certaines pentes peuvent aussi impliquer l'utilisation de nattes de contrôle de l'érosion.

Les résultats des deux saisons de croissance de graminées sur une bordure simulée de gazoduc dans la forêt boréale nordique ont montré

Dabbs, D.L., W. Friesen and S. Mitchell, 1974

qu'une couverture végétale de fixation peut être établie avec succès et maintenue. Toutefois, l'ensemencement de graminées n'était pas considéré comme une mesure de restauration à long terme. Il est bien plus important de constituer une communauté végétale naturelle stable diverse sur des régions perturbées. Dans la région de Sans Sault Rapids, l'*Artagrostis latifolia, l'Epilobium angustifolium, l'Equisetum arvense, le Senecio congestus, le Carex aqualitis* et diverses autres mousses et hépatiques trilobées ont été les envahisseurs naturels les plus abondants sur les régions perturbées. Les mousses et les hépatiques trilobées se sont établies rapidement sous les graminées ensemencées. Les plantes vasculaires furent plus lentes dans ce processus d'invasion à l'exception des zones les mieux irriguées. A ces endroits le *Carex aqualitis* dominait.

Il est nécessaire d'utiliser des engrais pour établir et maintenir la croissance des variétés de graminées recommandées. Pour les buts de soutien du gazoduc, les auteurs ont recommandé l'application de 75 kg/ha d'azote plus 100 kg/ha de phosphore et de potasse plus des épandages complémentaires au cours des deuxième et troisième saisons de croissance.

Les auteurs concluent en signalant que les petits mammifères passant avec des "densités moyennes" ne devraient pas causer de destruction à grande échelle sur la couverture de végétation réensemencée.

1. DAFT, M.J., E. HACSKAYLO et T.H. NICOLSON

2. 1975

3. Arbuscular mycorrhizas in plants colonizing coal spoils in Scotland and Pennsylvania (Les mycorhizes arbusculaires des plantes qui colonisent les terrils en Écosse et en Penssylvanie).

4. In : F.E. Sanders B. Mosse et P.B. Tinker, Editeurs, Endomycorhizes compte-rendu d'un symposium de l'Université de Leeds, Academic Press Londres, p. 561-580.

5. Original

6. a. Pennsylvanie, Écosse; forêt orientale, forêt britannique

   b. Sud-Ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains

7. Les recherches préliminaires ont montré que les mycorhizes arbusculaires jouent un rôle similaire chez les plantes herbacées à celui des mycorhizes ectotrophiques chez les arbres qui colonisent les terrils. Les endomycorhizes trouvées dans les plantes qui colonisent 6 terrils en Pennsylvanie et à Fife en Écosse ont été comparées entre elles. Toutes les plantes étudiées, à l'exception du *Carex* sp et le *Reseda luteola* ont été infectées par des mycorhizes arbusculaires. Le nombre des espèces colonisant les terrils d'Écosse pendant les opérations de reconstitution naturelle de végétation, et comprenaient des espèces telles que *Agrostis tenuis*, *Dactylis glomerata* et *Festuca ovina* associées à d'autres. Les listes ou énumérations d'espèces en fonction des deux sites sont données avec le type d'endophyte identifié et le niveau moyen d'infection.

La flore endophyte de Pennsylvanie est plus diversifiée que celle des terrils écossais. Sur les terrils de Pennsylvanie, la *Gigaspora gigantea* et un certain nombre de chlamydospores comme *Glomus* spp. furent fréquents. Parmi le matériel végétal écossais, deux *Glomus* spp. furent les endophytes les plus abondants. On a remarqué aussi dans le matériel végétal écossais la présence de *Gigaspora calospora* et de l'endophyte à hyphes étroites qui étaient en nombre plus limité par rapport aux plantes pionnières de colonisation. Elles étaient bien présentes mais bien moins fréquentes que dans le matériel végétal de Pennsylvanie.

L'endophyte à hyphes étroites était souvent présent parmi les espèces pionnières de colonisation. Cet endophyte a été trouvé en abondance sur les terrains en altitude de Nouvelle-Zélande et devrait stimuler la croissance de la plante en présence de sols pauvres en phosphate et c'est pour cette raison que sa présence parmi les plantes pionnières des terrils pourrait avoir une signification considérable.

Daft. M.J., E. Hacskaylo et T.H. Nicolson, 1975

Une recherche particulière a aussi été réalisée sur les plantes à nodules et à mycorhizes que l'on pense capables de fixer l'azote et l'atmosphère de façon plus efficace que les plantes ayant seulement des nodules. En Pennsylvanie, cinq espèces à mycorhizes et à nodules ont été trouvées parmi la végétation des terrils. De telles plantes à double infection présentent des avantages supplémentaires, en tant que plantes colonisatrices; l'un de ces avantages est l'augmentation de l'efficacité des nodules. On a aussi noté l'absence surprenante de plantes à nodules pour la colonisation des terrils écossais.

1. DEAN, K.C. et R. HAVENS

2. 1973

3. Comparative costs and methods for stabilization of tailings (Etude comparative des méthodes et des coûts pour la stabilisation des amoncellements détritiques miniers).

4. In : C.L. Aplin and G.O. Argall, Jr., Editeurs, Tailings Disposal Today compte-rendu du 1er symposium international sur les résidus miniers, Miller Freeman, San Francisco, p. 450-476

5. Original

6. a. Utah, Great Basin

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; résidus miniers

7. Plusieurs compagnies métallurgiques et minières seules ou en coopération avec le bureau des mines américain ont mis au point différentes techniques de stabilisation pour différents types d'amas détritiques situés dans des environnements différents dans le but de parvenir à des techniques économiques et efficaces de stabilisation réclamant une maintenance minimale. Les détritus à texture fine provenant des industries minières et sidérurgiques constituent les matériaux les plus difficles à stabiliser. Les méthodes principales de stabilisation sont soit physiques (couverture des amoncellements détritiques par un sol allogène ou d'autres matériaux de fixation), soit chimiques (application de certains produits venant fixer les matériaux à texture fine de façon à créer une croûte) soit enfin végétales (croissance de végétation sur les amoncellements détritiques). La technique de constitution de végétation est préférable parce qu'elle améliore l'aspect esthétique de la zone en même temps qu'elles parvient à stabiliser ces amoncellements. Les amoncellements formés de matériaux rocheux et de terre rapportés de régions voisines ont l'avantage de laisser la végétation pousser et se développer. Le mâchefer a aussi été utilisé en addition au sol et aux matériaux pierreux disponibles localement pour stabiliser les amas détritiques inactifs; cependant cette méthode a l'inconvénient d'être défavorable à l'apparition de la végétation. D'autres méthodes physiques de stabilisation comprennent l'utilisation d'une couverture d'écorce et l'introduction par hersage de paille sur quelques pouces d'épaisseur du sol de surface des amoncellements miniers.

La stabilisation chimique est obtenue en faisant réagir un agent chimique avec des détritus minéraux de façon à former une couche ou couverture qui empêche l'érosion hydrique ainsi que l'érosion éolienne. Ces techniques ne sont pas permanentes comme la végétation dans le cadre de la stabilisation mais elles peuvent être utilisées sur des sites où

Dean, K.C. et R. Havens, 1973

la croissance de la végétation n'est pas suffisante en raison de conditions climatiques difficiles ou de la présence d'éléments toxiques contenus dans les amas détritiques.

On trouvera énumérés ci-après quelques-uns des agents chimiques les plus efficaces parmi 70 autres qui ont été essayés. Les conditions optima ainsi que les taux effectifs d'application n'ont pas été fixés et les essais sont encore continués. Ces éléments de produits chimiques sont énumérés dans l'ordre de leur efficacité calculée en fonction de leur coût en centimes pour stabiliser une verge carrée.

1. Le Coherex (marque de fabrique), adhésif à base de résine, apporte une certaine résistance au vent sur les surfaces des amas détritiques quand il est appliqué en quantité dont les coûts sont inférieurs à 1 centime par verge carrée, mais sa résistance à la projection d'eau n'a pas été atteinte à moins de $ 0.10/verge^2.

2. Les lignosulfonates de calcium, d'ammonium et de sodium ainsi que les extraits d'écorce de sapin rouge ont été efficaces comme stabilisateurs de surface pour des coûts d'environ 2 centimes/verge^2.

3. Des additifs à base de ciment et de lait de chaux ont été efficaces pour la stabilisation des surfaces et leur coût est d'environ 3 centimes/verge^2.

4. Le Paracol S 1461 (un mélange de cire et de résine) et le Paracol TC 1842 (une émulsion de résine) ont été efficaces comme stabilisateurs pour des quantités dont les coûts sont d'environ 4 à 10 centimes/verge^2 sur différents échantillons d'amas détritiques où ils ont été essayés.

5. Des silicates de potassium avec une proportion approximative de 2,5 SiO_2-K_2O ont été des stabilisateurs efficaces quand ils sont appliqués à des taux de 0.07 à 0.15 centimes/verge^2.

6. Une émulsion cationique de néoprène et de Rezosol, c'est-à-dire un polymère organique, stabilise de façon efficace les amas détritiques pour un coût seulement d'environ 8 centimes/verge^2.

7. Le silicate de sodium appliqué en quantité d'environ 4.5 livres/verge^2 soit un coût de 11 centime/verge^2 est un stabilisateur efficace. Le chlorure de calcium peut être efficacement ajouté au silicate de sodium quand il n'y a pas de sulfate ferreux en présence. L'addition de 6% par poids de chlorure de calcium a permis la réduction du coût de silicate de calcium de 11 centimes à 2 centimes/verge^2.

Dean, K.C. et R. Havens, 1973

Le bureau des mines américain a mis au point une procédure chimico-végétale par laquelle des petites quantités de produits chimiques sont appliquées sur des amas détritiques récemment plantés ou ensemencés de façon à retenir l'humidité, à empêcher les projections de sable, à promouvoir la germination et à réduire au minimum le flétrissement des plantes en créant une surface sombre, absorbant la chaleur et ne réfléchissant pas les rayons solaires. Il convient dans ce cas de préparer un mélange de semences de graminées, de légumineuses, de céréales avec les engrais et de l'appliquer et de l'irriguer avant l'application du produit chimique de stabilisation, et ce, de préférence en automne. Cette procédure chimico-végétale a été utilisée efficacement sur des haldes de cuivre, de plomb et de zinc, d'uranium et d'argile sous différentes conditions climatiques dans les états du Colorado, du Michigan, du Missouri, du Nevada et de Washington.

La recherche est aussi en progrès en ce qui concerne les moyens d'aide à la croissance de la végétation sur des amas détritiques posant des problèmes difficiles. Il s'agit d'utiliser alors des sols synthétiques à partir des amas détritiques auxquels on ajoute des boues d'eaux noires ou du compost d'ordures. La formation des agrégats sur ces amas détritiques constituent un meilleur environnement des racines et apporte une meilleure aération du sol.

Ces agrégats comprennent environ 92.4% d'amas détritiques, 6.6% de boues d'eaux noires, et 1% de liant chimique (soit du Coherex ou du Paracol TC 1842, tous les deux étant des composés à base de résine). Dans ces essais, les couches de boues d'eaux noires furent enterrées à des profondeurs de 3, 7, 11 et 15 pouces. Les résultats de ces essais ont montré que les systèmes racinaires de toutes les plantes sont en général localisés dans la portion d'agrégats des amas détritiques.

1. DEAN, K.C. et R. HAVENS

2. 1973

3. Methods and costs for stabilizing tailings ponds (Méthodes et coûts de la stabilisation des bassins d'accumulation de résidus détritiques).

4. Mining Congress Journal 59 (12) : 41-46

5. Original

6. a. Utah; Great Bassin

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; résidus miniers

7. Le bureau des mines américain, au centre de recherche métallurgique de Salt Lake City a mis au point une technique chimico-végétale qui fait intervenir l'application d'une petite quantité de produits chimiques sur des amoncellements détritiques nouvellement plantés. Cette technique réduit la projection de sable sur les plantes, retient l'humidité dans les amoncellements détritiques, facilite la germination et réduit le flétrissement des plantes.

Des essais préliminaires de fertilisation ont montré que tous les amoncellements détritiques ont besoin d'apports d'azote et de phosphore mais aussi que les applications d'azote supérieures à 45 livres/acre gênent fortement la germination des semences de légumineuses. Par conséquent, la plupart des amoncellements détritiques ont été fertilisés à raison de 30 et de 75 livres/acre respectivement d'azote et de P_2O_5. Quelques amoncellements détritiques ont aussi besoin de potasse : ceux-là ont reçu en conséquence une application de 40 livres de potassium/acre.

Toutes les semences utilisées pour ces ensemencements ont été sélectionnées en fonction de leur compatibilité avec l'environnement climatique particulier correspondant aux emplacements des amoncellements détritiques. La céréale appropriée a été ajoutée dans le mélange de semences afin d'apporter ainsi une croissance préliminaire pour assister la stabilisation chimique de la surface. Le produit chimique dont la préférence va, jusqu'à aujourd'hui, au type adhésif à base de résine, a été appliqué sur les amoncellements détritiques humides en quantité dont le coût était de 1 centime/verge^2. Cette procédure de stabilisation est en général appliquée à l'automne de telle sorte que la croissance puisse déjà débuter avant les premières attaques de l'hiver, ce qui permet au système racinaire de se développer sous une couverture de neige et de conserver de bonnes conditions d'humidité. La technique chimico-végétale a été appliquée avec résultat sur des haldes détritiques de cuivre, de plomb et de zinc d'uranium et d'argile sous des conditions climatiques différentes comme

Dean, K.C. et R. Havens, 1973

celles existant au Colorado, au Michigan, au Missouri, au Nevada et dans l'état de Washington.

Les coûts de stabilisation des amas détritiques formés d'environ 80% de bassin d'accumulation et 20% de barrage ont été repris par l'auteur et énumérés dans le tableau ci-après. Ces coûts auraient besoin d'une révision ultérieure en ce qui concerne des amas détritiques acides nécessitant une application de chaux. D'une manière générale, les coûts de remise en valeur des barrages à pentes inclinées sont d'environ 25% supérieurs aux coûts des bassins d'accumulation.

TYPE DE STABILISATION	EFFICACITÉ	COÛT APPROXIMATIF PAR ACRE, EN $
Physique		
Arrosage d'eau	Passable	-
Mâchefer (profondeur : 9 pouces)		
Par pompage	Bonne	$ 350- 450
Par transport en camion	Bonne	950-1 050
Hersage et paillage	Passable	40- 75
Couverture d'écorce	Bonne	900-1 000
Gravier et terre provenant de l'extérieur		
Profondeur : 4 pouces	Excellente	250- 600
Profondeur : 12 pouces	Excellente	700-1 700
Chimique		
Elastomères	Bonne	300- 750
Lignosulfonate	Bonne	250- 600
Végétation		
Apport de terre sur 4 pouces et végétation (1)	Excellente	300- 650
Apport de terre sur 12 pouces et végétation	Excellente	750-1 750
Hydro-ensemencement	Excellente	200- 450
Couverture par nattes (2)	Excellente	600- 750
Chimico-végétale	Excellente	100- 250

(1) Ce système est utilisé en général sur les bassins d'accumulation plutôt que sur les barrages de retenue. Il faut également noter qu'il n'est pas aussi efficace que l'apport de terre sur 12 pouces d'épaisseur quand les amas détritiques sont excessivement acides ou salins.

Dean, K.C. et R. Havens, 1973

(2) Ce système est basé sur la pose d'une natte large de 3 pieds, placée à des intervalles de 3 pieds, par dessus le sol pré-ensemencé.

La technique chimico-végétale semble être la procédure la plus économique pour l'établissement de la végétation sur les amas détritiques et partout où elles est applicable elle restera la méthode à préférer. Lorsqu'il est important d'empêcher les projections de sable lors de la stabilisation des sols, les deux méthodes, chimico-végétale et hydro-ensemencement semblent être économiquement préférables aux procédures de couverture par nattes ou apport de terre étrangère. Toutefois, pour les régions à caractère difficile, ces dernières méthodes peuvent être préférables.

En pratique, toutes les haldes détritiques contiennent des sels non organiques toxiques, manquent de composants organiques et d'éléments nutritifs essentiels et n'ont pas la nature physique nécessaire à l'entretien et à la croissance de la végétation. Pour les amas détritiques ordinaires, de telles conditions peuvent être améliorées à temps au moyen de la fertilisation, au moyen de l'augmentation progressive des populations organiques et microbiennes en encourageant la croissance des plantes et en utilisant des produits chimiques pour fixer la surface afin d'éviter la projection de sable qui a l'effet néfaste de briser ou d'enterrer la végétation établie.

Un des problèmes majeurs concernant les plantes en développement sur les amas détritiques est le manque de matière organique et de populations microbiennes qui l'accompagnent normalement. Des efforts ont été faits pour corriger cette difficulté en apportant aux amas détritiques des boues d'eaux noires ou des composts d'ordures municipales. D'autres essais ont aussi été réalisés visant à améliorer l'aération des sols et l'environnement des racines en formant des agrégats superficiels sur les amas détritiques. Les coûts comparatifs de ces méthodes auxiliaires de stabilisation sont indiqués par le tableau ci-dessous:

TYPE DE STABILISATION	EFFICACITE	COUT APPROXIMATIF PAR ACRE EN DOLLARS
Couches de boue enterrée	Excellente	$405- 810
Couverture d'agrégats (1-1/2 pouce)	Excellente	330- 660
Boue enterrée plus couverture d'agrégats	Excellente	735-1 470

La couche de boue enterrée et les agrégats sont de nouvelles méthodes non encore mises à l'épreuve sur le champ mais si l'on compare leur coût probable de $735 à $1 470 par acre, on constate que ces méthodes ont un coût comparable à celle qui utilise une couverture de terre de 12 pouces d'épaisseur et la végétation. Les auteurs recommandent la réalisation d'essais préalables pour évaluer l'efficacité relative

Dean, K.C. et R. Havens, 1973

des deux méthodes (boue enterrée et couverture d'agrégats comparées à couverture de terre d'apport et végétation) lorsqu'il s'agit de créer la végétation sur des amas détritiques à caractère difficile.

1. DICK, J.H.

2. 1974

3. Criteria for land reclamation standards in British Columbia (Critères de normalisation de mise en valeur des terres en Colombie-Britannique).

4. In : Cours sur la mise en valeur des terres, placé sous l'égide de la faculté de foresterie, de l'Université de Colobmie-Britannique, du Centre de formation continue de l'Université de Colombie-Britannique, et de l'Association Minière de Colombie-Britannique.

5. Original

6. a. Colombie-Britannique; région côtière et intérieure des Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine, Yukon méridional, Sud-ouest du Mackenzie, morts-terrains.

7. La grande diversité des environnements existant en Colombie-Britannique implique que les normes à l'échelle de la province pour la mise en valeur des terres après exploitation minière sont inutilisables. Les normes spécifiques devront être évaluées en fonction de chaque "zone biogéoclimatique" de la province et elles devront être ultérieurement affinées en fonction de chaque site minier.

Les normes valables aux Etats-Unis ont été en général évaluées en fonction soit des restrictions de pentes, soit de la couverture végétale soit en dernier lieu des deux associés. Il semble que cette approche est trop simpliste pour être appliquée sans aucune modification en raison de la nature complexe des sols, des climats et de la topographie propres à la Colombie-Britannique. L'importance de la couverture végétale naturelle qui est utilisée comme critère dans les réglementations de mise en valeur en Virginie occidentale, par exemple, serait difficile à appliquer en Colombie-Britannique puisqu'elle y serait très dépendante des variations du climat et de la topographie.

En Colombie-Britannique, les critères de base des normes de mise en valeur des terres sont les suivants : (1) les objectifs d'utilisation de la mise en valeur des terres; (2) le contrôle du drainage superficiel; (3) la couverture végétale du sol, pour laquelle la valeur de référence est le degré de couverture végétale qui prévalait sur le site avant la mise en exploitation de la mine ou sur le paysage environnant de la mine; (4) la stabilité écologique en utilisant des espèces autochtones ou naturalisées; (5) la vigueur des plantes mesurée en fonction de la croissance des individus, de l'augmentation de la couverture du sol ou de la production de semences viables.

Dick, J.H., 1974

Les deux premiers critères devront être analysés et évalués de façon subjective; les trois derniers ne doivent être mesurées qu'en utilisant les méthodes normalisées d'évaluation forestière.

1. DICK, J.H.

2. 1974

3. Selection and propagation of woody plant species for reclamation in British Columbia (Sélection et propagation des espèces ligneuses pour la mise en valeur en Colombie-Britannique).

4. In : Cours sur la mise en valeur des terres, organisé par la Faculté de Foresterie de l'Université de Colombie-Britannique, par le Centre de formation continue de l'Université de Colombie-Britannique et par l'Associaiton minière de Colombie-Britannique. Paginations diverses.

5. Original

6. a. Colombie-Britannique, régions côtière et intérieure des Montagnes Rocheuses.

   b. Région alpine, Yukon méridional, Sud-ouest du Mackenzie, morts-terrains;

7. La reconstitution de la végétation sur les mines a fait appel en premier lieu à l'utilisation de mélanges de semences de graminées et de légumineuses ainsi que des plantations de conifères. L'auteur considère que cette méthode est importante mais, dans ce document, il insiste sur l'importance des arbres et des arbustes à feuillage abondant qui, dans le cas présent, ont reçu peu d'attention.

Les arbres et les arbustes utilisés en association avec des graminées et des légumineuses ont un certain nombre de caractéristiques intéressantes :

(1) Alimentation et protection pour les animaux. La moitié des mammifères et près de 60% des oiseaux indigènes de l'Amérique du Nord sont associés à la végétation arbustive là où les arbres à feuillage important et les buissons constituent des composants significatifs.

(2) Esthétique. Les arbres et les arbustres ont un rôle important à jouer pour améliorer le paysage post minier en particulier sur les séries uniformes de pentes et de banquettes qui sont assez inesthétiques;

(3) Contrôle de l'érosion. Les mélanges d'espèces herbacées et ligneuses assurent une couverture végétale plus grande que les stations à essence pure et les arbres et arbustes sont plus efficaces pour empêcher l'érosion du vent. Leur système racinaire profond apporte aussi un support mécanique intéressant pour le sol;

Dick, J.H., 1974

(4) Cycle nutritif. La végétation pionnière, dont les arbustes constituent un composant important, a une fonction considérable comme réservoir d'éléments nutritifs. Divers arbustes tels que l'aulne, la shepherdie et le silverberry sont aussi bons fixateurs d'azote;

(5) Les espèces autochtones. Il est relativement aisé de collecter et de ramasser du matériel pour la propagation végétale des arbres et arbustes autochtones.

Les critères de sélection des espèces devraient tenir compte de certaines exigences. Le matériel de multiplication pour des opérations de mise en valeur devrait être ramassé à partir de la végétation qui s'est établie sur de vieilles zones perturbées à l'intérieur des régions écologiques représentatives du site minier. En règle générale, les semis devraient être pratiqués à la même altitude (plus ou moins 500 pieds) que celle d'où provient le matériel reproducteur (semences ou boutures). La base de sélection des espèces individuelles devraient, en ordre d'importance, être : 1) les espèces autochtones ou naturalisées; 2) les espèces pouvant se reproduire en grande quantité; 3) les espèces capables de se régénérer et de stabiliser les terrains perturbés; 4) les espèces fixant l'azote; 5) les espèces ayant une grande valeur pour un objectif spécifique d'exploitation des terres; 6) des espèces dont l'efficacité est prouvée dans d'autres opérations de mise en valeur.

Dans ces articles, des exemples sont donnés sur les spécifications à respecter pour l'établissement d'une petite pépinière visant à la production d'espèces se propageant facilement, pour alimenter les besoins des compagnies minières.

La demande en semences pour la plupart des programmes de remise en valeur est en général réduite et peut être satisfaite par la cueillette à la main sur des buissons ou sur des arbres abattus. Les semences peuvent être retirées du fruit sec en écrasant la coque entre des briques et être extraites des fruits pulpeux et des cerises et des baies en les faisant macérer dans l'eau. Les semences de conifère doivent être traitées par un grainetier. Par la suite les semences devraient être séchées à l'air pendant quelques jours puis mises en réfrigération jusqu'au moment de l'utilisation.

Les semences de la plupart des espèces tempérées entrent en dormance au moment du mûrissement à la fin de l'été ou au début de l'automne; il s'agit, soit de la dormance de l'embryon qui a alors besoin d'altération chimique avant de pouvoir entamer d'autres germinations; il peut s'agir aussi de la dormance de l'enveloppe seule qui a alors besoin de souffrir des intempéries et de subir un traitement à l'eau chaude ou par scarification mécanique afin de briser cette dormance. La dormance

Dick, J.H., 1974

de l'embryon peut être arrêtée en ensemençant à l'extérieur à l'automne : de cette façon, la dormance est stoppée naturellement. On peut aussi tremper la semence dans l'eau et la réfrigérer ensuite pendant quatre à six semaines.

Plusieurs méthodes de bouturage de ramilles foliacées sont décrites dans cet article - boutures de feuillus (tiges en dormance), boutures de conifères (prises en saison de croissance). Plusieurs méthodes de bouturage de tiges végétales sont décrites dans cet article : boutures avec vieux bois (pousses dormantes), boutures herbacées (en saison de croissance) et boutures de plantes sempervirantes génévrier ou des espèces sempervirantes à feuilles larges ou en aiguilles telles que *Arctostaphylos uva-ursi*.

Il est aussi possible d'utiliser des boutures de jeunes racines, longues de deux à trois pouces et de la taille d'un crayon. On les plante soit en position horizontale soit en position verticale. Dans ce dernier cas, on veillera à orienter vers le haut la section de la racine qui se trouvait la plus proche de la plante mère.

On trouvera ci-après une énumération de quelques espèces utilisables pour la constitution de la végétation sur les sols perturbés miniers dans le nord de la Colombie-Britannique. L'information donnée correspond à l'aire d'extension, à l'habitat, aux utilisations et à la méthode de propagation de la plante correspondante; cependant, on ne trouvera dans la présente énumération que la méthode de propagation recommandée utilisable.

Alnus rubra
Alnus sinuata
Alnus tenuifolia - Par ensemencement soit à l'automne soit préalablement stratifié pendant 60 à 90 jours à 5°C Les espèces arbustives peuvent aussi se reproduire par bouturage de racines.

Amelanchier alnifolia - Par bouturage de racines prises et plantées au printemps.

Arctostaphylos uva-ursi - Par bouturage de branches sempervirantes. L'ensemencement peut se faire avec des semences préalablement traitées à l'acide pendant 2-3 heures et mises en stratification pendant 60 jours à 5°C.

Artemisia frigida - Par bouturage de tiges, de racines et par division ou éclatement de plantes.

Betula papyrifera - Ensemencement pratiqué en automne ou stratification pendant 4-6 semaines à 4.5°C

Dick, J.H., 1974

Cornus stolonifera	- Ensemencement à l'automne. Stratification pendant 3-4 mois à 5°C. Aussi par bouturage de racines et de vieux bois.
Populus tremuloides	- Par bouturage de racines. Ne prend pas par bouturage de tiges.
Populus trichocarpa *Populus basamifera*	- Prise très facile à partir de boutures de vieux bois.
Rosa spp	- Ensemencement à l'automne ou stratification pendant 60-120 jours à 4.5°C. Un traitement à l'acide peut être utile. Aussi par boutures herbacées et par boutures de vieux bois.
Salix spp	- Prise très facile avec des boutures de racines de vieux bois ou herbacées.
Sherpherdia canadensis	- Les semences doivent être stratifiées pendant 60 à 90 jours à 5°C. Aussi par bouturage de racines.
Symphoricarpos albus	- De prise très difficile à partir de semences. On procède donc par boutures de racines, de vieux bois et par boutures herbacées.

1. DICK, J.H. et J.V. THIRGOOD

2. 1975

3. Development of land reclamation in British Columbia (Développement de la régénération des terres en Colombie-Britannique).

4. In : M.K. Wali, Éditeur, Practices and problems of land reclamation in Western North America, University of North Dakota Press, Grand Forks North Dakota, p. 65-78

5. Original

6. a. Colombie-Britannique; région côtière, région intérieure, Montagnes Rocheuses

   b. Région Alpine, Yukon méridional, Sud-ouest du Mackenzie; morts-terrains

7. La loi sur l'exploitation minière et la loi sur l'exploitation des mines de charbon (1969) de la Colombie-Britannique, ont défini les orientations générales et les règlements concernant la restauration de la végétation sur les sites miniers. Par ces dispositions, la mise au point des technologies et des procédures de régénération des sols est du ressort de la responsabilité de l'industrie. Le gouvernement n'exerce plus qu'une fonction d'inspection. Ce système, selon les auteurs, semble avoir échoué dans l'établissement de normes satisfaisantes.

On a démontré que la régénération des sols est biologiquement possible dans presque toutes les parties de la Colombie-Britannique. Toutefois, des imperfections et des inadéquations d'ordre général demeurent et brisent les efforts pour la régénération des sols :

1. On n'est pas parvenu à inclure les objectifs de la régénération des sols et de l'exploitation des terres dans les planifications opérationnelles; il est nécessaire de préparer de façon plus approfondie des plans préalables d'excavation et les techniques de déversement des résidus de façon à établir des pentes stables, sans risque de glissement et d'enfouissement et de façon à supprimer les problèmes de déjections des matériaux résiduels et de fournir des sols de surface pouvant supporter la végétation.

2. On n'est pas parvenu non plus à faire reconnaître les besoins de régénération des sols comme une contrainte au niveau des techniques d'exploitation minière. Les objectifs d'exploitation des terres après régénération détermineront la configuration définitive des sols perturbés ainsi que la sélection des espèces.

Dick, J.H. et J.V. Thirgood, 1975

3. On n'est pas parvenu à faire admettre que les facteurs propres aux sites miniers constituent des obstacles à la reconstitution de la flore.

4. Un choix d'espèces extrêmement limitées. Il conviendra de porter une attention accrue sur la sélection des espèces de graminées et de légumineuses adaptées aux conditions particulières de chaque site minier sur l'utilisation d'espèces autochtones et de modèles de succession écologique locale.

5. La combinaison de méthodes différentes permet d'aboutir à une régénération efficace des sols; il y a eu jusqu'à maintenant une certaine tendance à favoriser une technique plutôt qu'une autre comme par exemple l'ensemencement aérien ou l'établissement d'une couverture de protection hydrique.

6. On remarque aussi un manque certain d'attention prêtée aux résultats et aux estimations.

Trois des besoins futurs pour la régénération des sols en Colombie-Britannique font ici l'objet de description :

1) Une plus grande coopération est nécessaire entre les agences gouvernementales et l'industrie afin de mettre au point et de fixer les objectifs d'exploitation des terres sur les sols miniers abandonnées; 2) les services gouvernementaux devront avoir une plus grande capacité de direction pour l'établissement des techniques d'exploitation et de prospection minière compatibles avec l'environnement, de projet de recherches à long terme sur la régénération ses sols (expérimentation sur des espèces végétales et sur la propagation des plantes autochtones en particulier) et l'établissement de normes et de directives valables pour la remise en valeur des terres; 3) une meilleure compréhension, de la part de l'industrie minière, des relations entre la grande diversité des environnements et la mise au point de technologies de régénération des sols, ainsi qu'une coopération et une communication accrue entre les compagnies exploitant dans des zones géographiques comparables.

1. DONAVAN, R.P., R.M. FELDER et H.H. ROGERS

2. 1976

3. Vegetative stabilization of mineral waste heaps (Stabilisation des terrils détritiques miniers par la végétation).

4. U.S. Environmental Protectal Agency, Industrial Environmental Research Laboratory, Environmental Protection Technology series PB-252 176, Research Triangle Park, North Carolina 27711. 305 p.

5. Original

6. a. États-Unis

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; résidus miniers.

7. Cet ouvrage passe en revue tous les modes d'utilisation de la végétation comme moyens de contrôle des émissions de poussière provenant des amoncellements de résidus miniers. Cette étude porte sur l'ensemble des États-Unis, à l'exception de l'Alaska et ainsi particulièrement sur les méthodes de contrôle des émissions de poussière provenant des amoncellements détritiques. On y trouvera aussi une série d'études de cas de réussites et d'échecs en reconstitution de la végétation. Un document annexe précis et complet forme un catalogue des espèces qui ont été expérimentées dans des programmes de reconstitution de la végétation sur des amas détritiques minéraux, avec des commentaires résumant les expériences faites et les résultats obtenus en fonction de chaque espèce.

Cette information est fournie en fonction des différentes sources principales américaines de déchets miniers, avec des comptes rendus particuliers et séparés pour : les résidus provenant des exploitations de charbon en mines profondes, les déchets houilliers de mines à ciel-ouvert, les terrils de résidus provenant de mines de charbon, les bassins d'accumulation de boue provenant de mines de charbon, les résidus d'amiante, les haldes de cuivre, les haldes de fer, de plomb et de zinc, d'uranium, les résidus d'exploitation minière de phosphate, les cendres pulvérisées de combustibles, les résidus de schiste bitumineux et les fossés d'excavation de sable et de gravier.

Les auteurs insistent sur la succession de la végétation et indiquent que la première opération, en ce qui concerne la revégétation d'amoncellement détritique, est de trouver les espèces à y faire pousser. Les espèces pionnières amélioreront les conditions de développement au fur et à mesure que le temps passera, permettant ainsi aux autres espèces de venir s'établir à leur tour. Ils insistent aussi particulièrement sur l'importance et le rôle joué par la planification, et en particulier

Donavan, R.P., R.M. Felder et H.H. Rogers, 1976

sur l'intérêt de constituer des amoncellements réguliers du sol de couverture et des morts-terrains lors de l'exploitation minière, ce qui facilitera la remise en valeur éventuelle tout en diminuant les coûts et les efforts pour y parvenir.

En dépit des recherches longues et intensives qui ont été et qui sont encore aujourd'hui réalisées par le gouvernement des Etats-Unis, par les chercheurs universitaires et industriels sur la stabilisation des amoncellements détritiques miniers au moyen de la végétation, le problème reste encore aujourd'hui excessivement complexe pour que l'on puisse formuler des techniques garanties de reconstitution de la végétation. En fait, chaque nouveau site minier que l'on prévoit recouvrir de végétation doit recevoir un traitement individuel; avant d'entamer toute opération de reconstitution de la végétation à grande échelle, il est nécessaire de réaliser des essais sur quelques parcelles en utilisant et en se référant aux expériences précédentes servant de ligne directrice pour formuler les orientations du programme.

Avec suffisamment de temps et d'argent, il est possible de réétablir une couverture de végétation sur n'importe quel amoncellement détritique minier des Etats-Unis; la difficulté est d'établir une couverture à un coût raisonnable par rapport à la valeur de la terre avant et après la régénération du sol. Il pourra éventuellement sembler ridicule de se lancer dans l'exploitation minière d'une zone pour un gain de $500/acre si le coût de régénération de la terre et de retour à son état préalable s'élève à $5000/acre. Par contre, si l'investissement de $5000/acre peut rehausser la valeur de la terre - c'est-à-dire lui donner une plus grande valeur après exploitation minière et régénération des sols - les coûts élevés suivant l'exploitation minière pour la transformation du sol sont alors justifiés. En résumé, la stratégie optimale à suivre pour une quelconque opération de stabilisation des sols par la végétation, y compris celle de savoir s'il faut oui ou non tenter une opération de reconstitution de la végétation, dépend considérablement des facteurs économiques.

Les techniques d'horticulture sont aussi décrites dans ce compte rendu des méthodes de stabilisation des amoncellements détritiques miniers. Ces techniques sont en général applicables mais l'on sait aussi que l'horticulture est autant un art qu'une science dès qu'il s'agit de l'appliquer à un problème spécifique de remise en valeur des terres. On souligne dans ce compte rendu quelques unes des plus récentes innovations d'horticulture notamment l'utilisation des produits liants de surface qui apporte une stabilité temporaire du terrain tandis que la végétation est en cours d'établissement.

La présente étude a été basée surtout sur une évaluation de l'efficacité de la couverture de végétation pour supprimer l'émission de particules libres. Il n'existe aujourd'hui aucune mesure de cette efficacité de la végétation pour réduire les projections et l'émission de particules

libres sur les amoncellements détritiques. Toutes les évaluations de la couverture végétale sont exprimées soit en termes qualitatifs" bonne couverture, pousse bien" soit en terme semi-quantitatifs "50% de survie, 20% de couverture". Ce qu'il faudrait en fait, c'est une mesure directe de la suppression des émissions des particules libres. Certaines espèces peuvent être plus adaptées que d'autres pour le contrôle de ces émissions.

1. DOWN, C.G.

2. 1974

3. The relationship between colliery-waste particle sizes and plant growth (La relation entre les dimensions des particules détritiques de houille et la croissance des plantes).

4. Environmental Conservation 1 : 281-284

5. Original

6. a. Grande-Bretagne; forêt britannique

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. De nombreux paramètres interviennent dans la relation qui existe entre l'âge des résidus et la colonisation des plantes. Dans le présent article, des échantillons de particules détritiques d'un terril âgé de 12 ans pris à Somerset en Angleterre ont été séparés en 7 classes dimensionnelles et ensemencés avec du *Lolium perenne* (ivraie vivace). Les dimensions des particules détritiques allaient de 4000µ à moins de 125µ et la période de croissance a été fixée à 30 jours.

Les résultats ont montré que les pourcentages de germination après 6 jours vont en augmentant tandis que la taille des particules détritiques décroît. La même constatation est aussi vraie en ce qui concerne le poids sec et le coefficient "système racinaire/système foliacé" qui sont inversement proportionnels à la dimension des particules. Après 30 jours, on n'a pu constater aucune différence entre les poids secs des semis en fonction des différentes dimensions des particules. On a remarqué aussi qu'il est difficile de maintenir les plantes en vie sur les parcelles de plus grande dimension de particules en raison de leur faible capacité de rétention d'eau.

Le résidu minéral idéal devrait avoir un mélange équilibré de petites et de grosses particules. Les grosses particules apportent la stabilité tandis que les petites particules apportent la capacité de rétention d'eau.

1. DOYLE, P., W.K. FLETCHER et V.C. BRINK

2. 1973

3. Trace element content of soils and plants from the Selwyn Mountains, Yukon and Northwest Territories. (Teneur des sols et des plantes en oligo-éléments, dans les montagnes Selwyn, Yukon et Territoires du Nord-Ouest).

4. Canadian Journal of Botany 51: 421-427

5. Original

6. a. Yukon, montagnes du Mackenzie

   b. Région alpine, morts-terrains, routes, résidus miniers

7. La végétation de la région du col MacMillan (63 15 N, 130 04 W), sur la frontière située entre le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest, a été analysée pour rechercher la présence de cuivre, de molybdène, de manganèse et de zinc, dans le cadre de recherches géochimiques qui ont permis de déterminer préalablement la zone caractérisée par des niveaux élevés anormaux de molybdène contenu dans des schistes, des terres et des sédiments alluviaux du paléozoïque.

On a bien sûr remarqué des teneurs en molybdène élevées et anormales jusqu'à 52 ppm en poids sec, dans une certaine variété de plantes qui poussent sur des sols molybdéno-ferreux, neutres ou légèrement alcalins provenant d'une roche mère calcaréo-schisteuse. La teneur en molybdène des plantes reflète d'une manière assez précise la teneur et la réaction du sol.

Sur les sols acides contenant du molybdène, les buissons, les lichens et les espèces ligneuses ont une teneur en molybdène faible ou pour le moins uniforme. Cependant, on a pu remarquer des teneurs assez élevées pour l'*Epilobium augustifolium*, l'*Epilobium latifolium*, le *Calamagrostis canadensis* et la *Festuca altaica*. Il y a donc là un contraste frappant avec l'augmentation importante de l'absorption du molybdène dans les plantes établies sur des sols neutres ou moyennement alcalins (les valeurs varient entre 5 ppm et 52 ppm).

De plus grandes concentrations de cuivre et de zinc ont été trouvées dans des sols provenant des calcaires du paléozoïque. Des quantités faibles mais uniformes de cuivre ont aussi été trouvées dans une grande variété de sols. Les plus grandes différences de la teneur en cuivre chez les plantes existent entre les espèces plutôt qu'entre les habitats. Les variétés *Betula* et *Salix* ont accumulé ainsi de plus

Doyle, P., W.K. Fletcher et V.C. Brink, 1973

grandes quantités de zinc que les conifères, les graminées et les herbes non-graminéeenes. La teneur en manganèse est plus importante pour les espèces ligneuses et diminuait par contre en fonction inverse de l'augmentation du pH du sol.

De très faibles teneurs des quatre oligo-éléments en présence sont caractéristiques de la *Cladonia alpestris*. La variété de la flore croissant sur les sols calcaires riches en molybdène a été comparée de façon saisissante à celle de la flore croissant sur les sols acides avoisinants. La diversité des espèces établies sur les sols relativement alcalins reflète en partie la disponibilité d'azote. Plusieurs espèces de légumineuses, comme le *Lupinus arcticus* et *l'Astragalus umbellatus*, y sont abondantes lorsque le calcium et le molybdène sont facilement disponibles, cependant on retrouve aussi quelques-unes de ces espèces sur les sols acides. Le molybdène joue un rôle dans la fixation de l'azote par les légumineuses.

1. DUNBAR, G.A.

2. 1971

3. The effectiveness of some herbaceous species for montane and subalpine revegetation (L'efficacité de quelques espèces herbacées pour la reconstitution de la flore en région montagneuse et subalpine.

4. Proceedings of the New Zealand Ecological Society 18 : 48-57

5. Original

6. a. Nouvelle-Zélande

   b. Région alpine; routes

7. Cet article reprend les résultats d'expériences qui ont été réalisées entre 1965 et 1971 sur trois sites subalpins érodés et exposés aux intempéries (3 200 - 3 700 pieds soit 975 - 1 130 mètres) dans les montagnes Canterbury en Nouvelle-Zélande. L'objectif était de déterminer : (1) la quantité de reconstitution de végétation sur les sols érodés et sur les éboulis et le type d'engrais nécessaire pour leur établissement et leur croissance; (2) l'établissement d'espèces de graminées autochtones; (3) des essais comparatifs de l'établissement et la croissance de 10 espèces herbacées (sept graminées, deux trèfles et achillée) semées avec ou sans engrais.

L'auteur a remarqué que le gel et la présence d'aiguilles de glace dans le sol de ces zones exposées rendent la reconstitution de la végétation difficile. Il a semblé aussi que l'engrais est essentiel à la survie hivernale. Les plantes ayant reçu un engrais ont continué leur croissance régulière tout au long de l'été et de l'automne, tandis que les plantes non-traitées ont manifesté une croissance lente à partir du mois de janvier.

Le *Holcus lanatus* a manifesté la croissance la plus vigoureuse et a constitué rapidement la meilleure couverture du sol. Le trèfle et le *Trifolium dubium* se sont montrés les espèces les plus déficientes. D'une manière générale, les semences de plusieurs espèces ont manifesté une germination et un établissement satisfaisants sur les surfaces ensemencées en plein lorsqu'elles étaient aidées par un engrais total.

Les mélanges d'engrais, quand ils furent appliqués, étaient composés de super-phosphate et de nitrate de chaux ammoniacal à raison de 502 kg/ha, de sulfate de magnésium et de sulfate de potassium à raison de 125.5 kg/ha, de sulfate de cuivre de zinc à raison de 11.2 kg/ha, de borax à raison de 22.4 kg/hac, et de molybdate de sodium à raison de 0.35 kg/ha.

Dunbar, G.A., 1971

Les parcelles n'ayant pas eu d'application continue d'engrais ont manifesté une détérioration progressive de leur couverture végétale dès la seconde saison de croissance; cependant l'*Agrostis tenuis*, le trèfle blanc et le *Holcus lanatus* se sont montrés capables d'implantations et d'ensemencements naturels sur ces parcelles. Comparées au *Holcus lanatus*, *l'Agrostis tenuis* et la fétuque Chewings (*Festuca rubra spp commutata*) se sont établies et se sont développées plus lentement mais se sont révélées plus résistantes pendant cinq saisons de croissance. L'établissement important de plantes volontaires sur certaines parcelles a été attribué à l'existence de zones nues sur ces parcelles d'accueil au cours des premières années lorsqu'un effet résiduel d'engrais était encore apparent.

Malgré les différences que l'on peut constater sur les pentes et sur les faciès des sites expérimentaux exposés, la plupart des espèces n'ont pas montré de différences significatives au niveau de leur efficacité sur les différents sites. La vitesse de détérioration des stations végétales au cours de la période d'étude a aussi été équivalente sur tous les sites.

1. DVURECHENSKII, V.N. et V.I. FEDOTOV

2. 1974

3. Relict and rare florea on mine dumps in the central chernozem region (Flore rare et relicte sur des terrils miniers dans la région centrale de chernozem).

4. Soviet Journal of Ecology 5 : 371-373

5. Original

6. a. U.R.S.S.; taïga sibérienne orientale

   b. Région alpine, Yukon méridional, Sud-ouest du Mackenzie; morts-terrains.

7. L'exploitation minière de surface dans les montagnes russes centrales a provoqué l'exposition de chaux et de calcaire sur les fonds et sur les parois des puits d'excavation. Ces sols exposés constituent un substrat pour la reconstitution naturelle de la végétation provoquée par un certain nombre de plantes locales mais aussi par une flore relicte de type alpin en basse altitude.

Bien qu'aucune des espèces de cette flore relicte soit autochtone du Canada septentrional, il est intéressant de remarquer que plusieurs espèces végétales relictes peuvent avoir une haute mobilité lorsque des zones de perturbation provoquées par l'homme constituent ainsi des habitats disponibles pour la colonisation végétale. Dans la présente étude, les auteurs font remarquer que les zones exposées. à base de chaux et de calcaire, provoquées par l'homme, ont ainsi accueilli un grand nombre d'espèces végétales relictes et rares parce que la perturbation a provoqué l'apparition d'un micro-climat convenant mieux à ces espèces alors en croissance dans des habitats naturels avoisinants. Il est évident aussi que ces amoncellements détritiques sont plus rapidement couverts par une flore relicte, si cet amas détritique se trouve adjacent à des zones de populations d'espèce relicte.

Certaines des espèces végétales relictes ont pu être cultivées avec succès en Russie et les auteurs concluent en disant que de nombreuses espèces calciphiles relictes et rares peuvent être avantageusement utilisées pour la reconstitution de la flore sur des sols de chaux et de calcaire exposés aux intempéries.

1. EAMAN, T.

2. 1974

3. Plant species potentials for high-altitude revegetation (Espèces végétales pouvant éventuellement servir à la reconstitution de la végétation en haute altitude).

4. In : Comptes rendus d'un groupe d'étude sur la reconstitution de la végétation des terres perturbées en haute altitude, Environmental Resources Center, Information Series 10, Colorado State University Fort Collins, Colorado p. 39-43

5. Original

6. a. Colorado; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; morts-terrains, routes.

7. Les espèces éventuellement utilisables pour la reconstitution de la végétation en haute altitude doivent être des espèces vivaces, adaptées à l'environnement, et doivent être disponibles auprès de sources de semences. Dans le présent document, on trouvera une liste de ces espèces, y compris celles qui sont utilisées pour des programmes de reconstitution de la végétation dans les Montagnes Rocheuses : brome inerme, dactyle pelotonné, fléole, chiendent intermédiaire, chiendent pubescent, chiendent tenu, pâturin des prés, brome alpestre, élyme Russian, élyme bleu, gros pâturin. Parmi celles-ci, le brome des montagnes, le chiendent tenu, l'élyme bleu et le gros pâturin sont les seules espèces autochtones utilisées dans une certaine mesure pour les altitudes importantes. Le chiendent tenu s'établit facilement mais sa longévité est réduite. D'autres espèces sont également intéressantes : la canche gazonnante *(Deschampsia caespitosa)*, la fétuque durette *(Festuca ovina)*, la fétuque Thurber *(Festuca thurberi)* et la danthonia Parry *(Danthonia Parryi)*, qui sont toutes originaires de terrains situés en haute altitude au Colorado.

Seules quelques-unes des graminées autochtones adaptées sont disponible en semences. Les graminées ont été déjà longuement utilisées à l'occasion de programmes de réensemencement mais il ne faut pas oublier que les herbes non-graminéennes et les arbustes sont aussi des instruments potentiels de reconstitution de la flore. Toutefois, les résultats actuels de recherche sont encore inadaptés pour fournir des informations suffisantes pour des graminées choisies, qu'elles soient autochtones ou allochtones, ayant les potentiels les plus élevés pour la stabilisation des sols sur des sites perturbés en haute altitude dans les Montagnes Rocheuses.

1. ECHOLS, J.W. et R.L. CUANY

2. 1974

3. Seed supplies and plant materials work group summary (Compte rendu des travaux d'un groupe d'étude sur les moyens d'approvisionnement des semences et sur les plantes disponibles).

4. In : Comptes rendus des travaux d'un groupe d'étude sur la reconstitution de la végétation sur des terrains perturbés en haute altitude, Environmental Resources Center, Information Series 10, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, p 83-87.

5. Original

6. a. Colorado; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine, morts-terrains, routes

7. Les moyens d'approvisionnement des graminées pour la production de fourrage et pour la conservation du sol ont été classés en deux catégories : (1) celles dont l'approvisionnement est suffisant mais à un prix élevé (la plupart d'entre elles étant supérieures à $1/livre) - le brome inerme, le dactyle pelotonné, la fléole, le pâturin des prés. le chiendent intermédiaire, le chiendent pubescent, le chiendent huppé (ce dernier pour les terrains les plus secs); (2) celles dont l'approvisionnement est réduit et à prix très élevé - le chiendent élevé, la plupart des fétuques, l'ivraie vivace, le vulpin agreste, le chiendent tenu, l'élyme Russian, ainsi que d'autres espèces pour les régions tempérées et sèches.

Les semences de légumineuses sont plus facilement disponibles. Les prix de la luzerne varient entre $1.50 et $2.00 la livre, avec le trèfle rouge hybride et blanc, le mélilot, le sainfoin, la tragacanthe, le lotier corniculé et la vesce couronnée dont les prix s'élèvent jusqu'à $4.75/livre.

Il y a acutellement un net besoin de nouveaux matériels de plantation ainsi que d'une nouvelle sélection de types végétaux. Plusieurs graminées, Carex, légumineuses, herbes non-graminéennes et arbustes ont des capacités certaines pour la mise en valeur des terrains en haute altitude et comprennent les éléments suivants : les *Carex et Juncus* spp. de haute altitude, la *Deschampsia caespitosa*, *Dryas drummondii* (pour les anfractuosités rocheuses et les autres perturbations), les trèfles alpestres (*Trifolium* spp) et le *Sedum*.

Une partie en annexe rend compte d'environ 50 graminées et légumineuses et donne les taux d'ensemencement, le nombre moyen de semences par livre et leur pureté typique ainsi que les pourcentages respectifs de germination.

1. EK-JANDER, J. et G. FAHRAEUS

2. 1971

3. Adaptation of *Rhizobium* to subarctic environment in Scandinavia (Adaptation du *Rhizobium* à l'environnement subarctique en Scandinavie).

4. Plant and Soil, Special Volume 1971 : 129-137

5. Original

6. a. Finlande, Norvège, Suède; toundra d'Europe occidentale, Montagnes finno-scandinaves.

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional, morts-terrains, routes.

7. Des expériences de croissance ont été réalisées, à des températures de 20°C et de 40°C, en utilisant des souches de rhizobiums de trèfle provenant de stations subarctiques de Finlande, de Suède et de Norvège (entre le 68° et le 70° N) et de stations méridionales de Suède (au Sud de 63° N). La nodulation du *Trifolium repens* a été provoquée avec des souches de *Rhizobium trifolii* provenant de différents endroits. Les éléments isolés de la région subarctique ont manifesté une meilleure adaptation aux basses températures par rapport aux éléments isolés provenant des stations plus méridionales. A 10°C, les éléments isolés nordiques ont crû plus vite, ont été à l'origine de nodules sur leur plantes d'accueil plus tôt et ont manifesté une capacité de réduction de l'acétylène plus vigoureuse que les éléments isolés méridionaux. Pour les deux souches, la multiplication cellulaire la plus rapide est intervenue à 20°C et on a constaté peu de différence entre les deux souches. L'activité de la nitrogénase des souches subarctique de *Rhizobium* a montré une meilleure adaptation aux températures basses.

On manque encore d'informations sur les capacités concurrentielles des souches subarctiques de *Rhizobium*. Toutefois, l'adaptation de cette espèce au climat froid et aux courtes périodes de croissance peut avoir une application pratique pour les plantations en sols froids.

1. ELLIOT, C.R. et H. BAENZIGER

2. 1973

3. Creeping red fescue. (Fétuque rouge rampante).

4. Ministère canadien de l'Agriculture, Ottawa, Edition revue, 19 p.

5. Original

6. a. Canada

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. Outre l'analyse des caractéristiques, de la capacité d'adaptation, des variétés et des possibilités d'utilisation de la fétuque rouge rampante (*Festuca rubra*), le présent document traite de certains points en rapport avec la mise en valeur des terres. Cette espèce est particulièrement utile pour la reconstitution de la végétation sur des terres brûlées, anciennement couvertes de taillis; si elle est semée au début du printemps suivant un incendie, la fétuque rouge rampante permettra de réduire l'érosion éolienne et hydrique et constituera une intéressante source de fourrage. Elle convient en particulier aux opérations de ré-ensemencement d'herbes sur les terrains perturbés à proximité des zones industrielles. On propose à cet effet que la fétuque soit ensemencée à raison de 10-12 lb/acre (11-13 kg/ha).

La fétuque rouge rampante est une graminée vivace, à feuilles fines, résistante et poussant en gazon, avec un système racinaire fibreux étendu. En raison de sa manière de croître en rampant, elle se différencie nettement des graminées qui poussent en touffes et constituent une couverture végétale clairsemée, tout en n'étant pas aussi agressive que le vigoureux brome rampant. Sur les sols pauvres, elle pousse mieux que le pâturin des prés ou la fléole (qui ont besoin de plus d'humidité) mais est moins résistante à la sécheresse que le chiendent huppé. Il semble qu'elle ne souffre pas du gel et qu'elle puisse servir sans danger de pâture en hiver.

Les cultures céréalières compagnes ont tendance à retarder le développement des semis de fétuque qui a besoin de plus grandes quantités d'azote pour parvenir à produire des graines; si l'azote vient à manquer, la production des graines cesse. Sa qualité et sa capacité fourragère sont accrues si elles est cultivée en association avec une ou plusieurs légumineuses.

1. ELLIOTT, C.R. et J.L. BOLTON

2. 1974

3. Licensed varieties of cultivated grasses and legumes (Variétés enregistrées de graminées et de légumineuses cultivées).

4. Ministère canadien de l'Agriculture, Publication No. 1405. Reliure à feuilles volantes, pagination variable.

5. Original

6. a. Canada

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; morts-terrains, routes, résidus miniers

7. Ce manuel en deux volumes, un pour les graminées et un pour les légumineuses, est présenté en reliure à feuilles volantes pour permettre l'insertion de nouvelles descriptions de cultures et de variétés au fur et à mesure de leur enregistrement. Les descriptions sont classées dans l'ordre alphabétique des noms communs des plantes cultivées et les variétés sont classées dans l'ordre alphabétique à l'intérieur de chaque plante cultivée. Les photographies sont en couleur pour permettre de reconnaître distinctement les caractéristiques de chaque espèce.

Chaque graminée et chaque légumineuse est présentée d'une part avec une description en pleine page et d'autre part avec un planche de photographies sur la page opposée; ces photographies représentent la plante, sa graine (en dimension réelle) et sa graine en fort grossissement optique. Les informations concernant chaque variété comprennent le numéro d'enregistrement, la date de l'enregistrement, le nom du sélectionneur phytogénéticien, l'origine de la souche phytogénétique, la technique de sélection génétique, la description de la variété, la souche de base, les distributeurs de semences et les régions géographiques pour lesquelles la variété est adaptée.

Des exemplaires de ce manuel sont disponible au Service d'information du ministère canadien de l'Agriculture, à Ottawa K1A 0C7, à $15.00 chacun.

1. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU CANADA, RÉGION DU PACIFIQUE

2. 1976

3. Environmental information for mining developments in the North (Question relative à l'environnement pour les exploitation minières dans le Nord).

4. Service de la protection de l'environnement, ministère de l'Environnement. Compte rendu d'étude et d'évaluation des répercussions sur l'environnement EPS-8-NW-76-1. 25 p.

5. Original

6. a. Canada

   b. Yukon et territoires du Nord-Ouest; morts-terrains, routes résidus miniers.

7. Le présent rapport signale aux agences de bassins la classe d'informations nécessaires aux travaux d'évaluation des répercussions sur l'environnement des opérations d'exploitation minière sur le territoire fédéral. En terme général, le ministère de l'Environnement a besoin d'une description détaillée de l'ouvrage, des caractéristique de l'environnement, de connaître l'interaction entre ledit projet et l'environnement ainsi que tous les moyens de sauvegarde pour réduire au minimum les dommages subis par l'environnement. Ce rapport contient aussi un modèle des sujets à traiter : la description de la mise en oeuvre du projet, de l'ensemble de l'opération d'exploitation; une description complète du gisement minier (y compris l'évaluation de la production éventuelle d'acide par le minerai et les roches détritiques); la description de la technique d'exploitation, de la façon dont les roches détritiques seront évacuées, et l'étendue ainsi que le caractère de la perturbation des sols en surface; une description détaillée du traitement minier; la façon dont les résidus miniers seront amoncelés y compris l'indication de leur potentialité d'acidification; la description du projet de bassin d'accumulation des résidus miniers et du débit d'alimentation; la description de la gestion des déchets mélangés; la production minière; l'entreposage et le transport; les services industriels annexes; la description de l'ensemble des mesures prises au moment de l'abandon de l'exploitation, comprenant les plans de stabilisation et la régénération de tous les sols et des résidus miniers.

La demande d'information s'étend aux caractéristiques et aux conditions de l'environnement existant : sol et géologie; hydrologie; climat; caractéristiques biologiques; flore et faune terrestres (il conviendra de prêter une attention toute particulière aux phénomènes de distribution et de succession de la végétation dans la mesure où elles sont influencées

par les formes du terrain, les variables climatiques, les cas d'incendie et les modèles d'exploitation de la terre actuelle oupassée); et enfin la flore et la faune aquatique des eaux douces et marines.

Il est aussi nécessaire de présenter un compte rendu des formes et des statuts d'utilisation des ressources terrestres et hydrauliques; un tel rapport devra comprendre une évaluation des utilisations probables et des capacités du sol de façon à pouvoir se prononcer sur les utilisations et les ressources auxquelles il faudra renoncer si le projet d'exploitation de la mine est adopté. L'auteur du projet d'exploitation minière devra fournir une estimation de la fréquence, de l'intensité, de la durée et de l'aire géographique touchée, des effets de chacune des phases de l'opération pouvant avoir un impact sur l'environnement, notamment les effets physiques, biologiques et chimiques. Les détails des programmes prévus pour l'atténuation et la compensation des effets néfastes devront être inclus dans cette demande à laquelle il conviendra d'ajouter la démonstration de l'efficacité des actions à entamer.

Le dernier chapitre du présent document énumère les différentes lois et réglementations fédérales portant sur l'environnement ainsi que les différents services administratifs correspondants et dont la valeur porte sur les mises en oeuvre d'exploitation minière dans le nord : on y trouve notamment la loi sur les pêcheries, la loi canadienne sur l'eau, la loi sur la protection de l'air pur, la loi sur le déversement des matières dans l'océan, la loi conventionnelle sur les oiseaux migrateurs, la loi de protection contre la pollution des eaux arctiques, la loi de protection des eaux navigables, la loi de protection des eaux de surface dans le nord, la loi sur les terres du territoire (réglementation de l'utilisation des sols du territoire). On y trouvera aussi une liste des adresses et des numéros de téléphone des agences régionales pour l'environnement réparties à travers le Canada et dépendant du ministère de l'Environnement.

1. EPPS, A.C.

2. 1973

3. Uses of woody and herbaceous ornamental ground over materials. (Modes d'utilisation de plantes ligneuses et ornementales pour assurer la couverture végétale du sol).

4. In : notes de travail de recherche sur la reconstitution de la flore en Alaska, 1973, Service du développement coopératif. Université de l'Alaska, p. 45-50

5. Original

6. a. Alaska; taïga de l'Alaska central, taïga de l'Alaska méridional, toundra de l'Alaska.

   b. Région alpine, Yukon méridional, côte du Yukon, région du delta du Mackenzie, Mackenzie central, sud-ouest du Mackenzie; morts-terrains, routes.

7. Dans bien des cas, le matériel végétal ligneux et herbacé peut apporter une couverture végétale satisfaisante, nécessitant un minimum de soins et impliquant de faibles dépenses d'entretien si on le compare aux graminées. Bien que de taille inférieure aux graminées, son mode bas est avantageux pour la constitution d'une couverture végétale et son utilisation se répand de plus en plus en bordure des autoroutes de l'Alaska. Certaines espèces ont une valeur esthétique. Le caragan nain *(Caragona pygmaea)*; la potentielle *(Potentilla fructicosca)*; la symphorine *(Symphoricarpos orbiculatus)*; l'arctostaphyle raison d'ours *(Arctostaphylos uva-ursi)*; l'airelle vigne d'Ida *(Vaccinum vitis-ideaea)* et les espèces de génévrier ont outre leurs capacités de couverture du sol, un évident avantage ornemental.

D'autres, comme le bouton d'or alpestre *(Ranunculus montanus)*, la bruyère *(Andromeda polifolia)*, le caragan nain *(Caragana pygmaea)*, la gaulthérie couchée ou petit thé *(Gaultheria procumbens)*, la potentielle *(Potentilla fructicosa)* et des carex, résistent bien sur les sols normalement acides avec un pH inférieur à 4.5, là où les graminées ne poussent pas.

Les terrains humides difficiles peuvent être plantés avec de l'arénaire herbacée (*Arenaria verna caespitosa*) ou de la gaulthérie ou de la bruyère qui supportent bien l'humidité extrême.

Les saules indigènes facilement disponibles constituent un matériel végétal ligneux intéressant car ils font rapidement des racines et stabilisent le sol. Les boutures de ramilles (les 12 à 18 pouces supérieurs des tiges

Epps, A.C., 1973

foliacées) doivent être récoltées en mars ou au début du mois d'avril, liées en bottes en prenant soin d'envelopper la base dans du papier humide et stockées dans des sacs en plastique mis dans un surgélateur jusqu'au moment de la plantation. Les boutures seront plantées à la fin du mois de mai ou au début du mois de juin, en les enterrant à la moitié de leur longueur dans le sol, espacées de 18 pouces. En conditions normales, 80% des boutures prendront racine et s'établiront. Les saules à croissance lente fournissent une bonne couverture végétale à un prix de revient faible.

Parmi les plantes appropriées pour la couverture végétale du sol, on notera : l'achillée millefeuille *(Achillea millefolium)*, l'achillée millefeuille rose *(Achillea millefolium rosea)*, l'armoise étoilée *(Artemisia stelleriana)*, le caragan nain, les génévriers *(Juneperus chinensis sargenti, Juniperus horizontalis* et *Juniperus horizontalis plumosa)*, la potentille et la symphorine. Toutes ces espèces résistent à la sécheresse que les graminées ne supportent pas.

Les génévriers s'adaptent parfaitement aux banquettes inclinées et aux versants rocailleux. On choisira les plants sains de grande taille de préférence aux jeunes plants à croissance inachevée. Les plantes herbacées vivaces ne s'adaptent pas aux banquettes abruptes surtout aux endroits où la fonte des neiges au printemps pose de graves problèmes d'érosion. Il est donc conseillé d'adopter des moyens supplémentaires de lutte contre l'érosion jusqu'à ce que les plantes se soient correctement établies. Des intervalles réduits et la technique de plantation le long de petits fossés suivant les courbes de niveau de la banquette peuvent être des moyens pour empêcher l'érosion. Les paillis de foin ou de paille peuvent aussi servir à maintenir le sol en bon état.

Le broutement animalier peut poser un problème en ce qui concerne la protection des espèces ligneuses, en particulier, le long des autoroutes. C'est le cas, par exemple, des saules autochtones qui constituent l'aliment primaire des orignaux. Il conviendra donc, lors du choix des intervalles à mettre entre les plants, de tenir compte du niveau de maturité desdits plants, ainsi que du potentiel d'érosion du sol au cours des premières étapes d'établissement avant l'apparition d'une couverture végétale suffisamment importante de la part des arbustes.

Pour l'établissement des couvertures végétales herbacées comme des couvertures ligneuses, le sol doit être préparé avec soin, de préférence avant la plantation. La couche meuble devra avoir une épaisseur minimale de 6 pouces. Des analyses du sol permettront de déterminer les besoins en engrais. Les deux premières saisons de croissance déterminent le succès futur de l'opération de plantation et les apports d'engrais aideront au succès final de l'ensemble de l'opération.

Epps, A.C., 1973

L'humidité du sol pendant les 2 premières années est un facteur vital dont il faudra tenir compte pour les opérations d'entretien. Le choix approprié des espèces en fonction d'un terrain donné récent réduit aussi les frais d'entretien. En général, il n'est pas nécessaire d'épandre des engrais après l'établissement des couvertures végétales herbacées ou arbustives. Dans le cas où les sols seraient déficients en éléments nutritifs, il conviendra de faire une application supplémentaire d'engrais 80-160-80 lb N, P, K par acre. On fera cette application de préférence au début du printemps; l'engrais devra être épandu sur le feuillage sec, à moins qu'il ne soit arrosé en même temps, pour qu'il ne brûle pas.

On veillera à se procurer des semences ou du matériel de pépinières ayant poussé dans le nord pour profiter de la meilleure adaptation climatique possible. Beaucoup de plantes autochtones ne sont pas disponibles sur le marché mais on peut favoriser leur établissement au moyen de techniques spéciales.

L'airelle et l'arctostaphyle peuvent être implantés au moyen de plaques pré-ensemencées de trois pieds carrés et de 4 à 6 pouces d'épaisseur. Pour cette pratique, il est nécessaire d'enfoncer les plaques dans des trous préalablement creusés et ce, dans un délai de 24 à 48 heures après leur découpage; il conviendra aussi de ne pas les laisser perdre leur humidité.

Les frais initiaux plus grands pour l'établissement des espèces ligneuses sont largement compensés par les avantages à long terme tels que le faible entretien et leur efficacité sur les stations où les graminées ne peuvent s'établir. Dans certaines circonstances il peut être aussi souhaitable d'utiliser des espèces ligneuses en association avec un ensemencement de graminées.

1. EROS, G.

2. 1976

3. Questions and answers about Prillcote seed (Réponses aux questions posées sur la graine Prillcote).

4. In : Comptes rendus de la séance inaugurale de l'Association canadienne pour la mise en valeur des terres, Département des Sciences des cultures, Ontario Agricultural College, Université de Guelph, Guelph, Ontario, p. 28-32.

5. Original

6. a. Ontario; taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes.

7. La graine Prillcote est recouverte d'un enrobage contenant des additifs favorisant sa germination et l'établissement du jeune plant. L'enrobage est adapté en fonction du type de graines, des conditions du sol et de la croissance dans une station donnée. Les enrobages de graines de légumineuses contiennent des cellules de rhizobium, des éléments nutritifs pour les rhizobium, des oligo-éléments, du phosphore et de la chaux. La lignée appropriée de *Rhizobium* est soigneusement sélectionnée.

Que la graine soit enrobée ou non, son taux d'ensemencement reste le même. Le prix de la livre de graine enrobée est le même que pour la graine nue. Son coût réel d'établissement par plant est donc moins élevé en raison de sa faculté accrue de germination, d'établissement et de survie. Sa longévité de conservation en entrepôt reste la même que pour la graine non-enrobée, en veillant à ce que la graine encapsulée soit entreposée en atmosphère froide et sèche et qu'elle soit utilisée dans les 6 mois.

L'enrobage augmente la taille de la graine de 15 à 20% : le réglage des ouvertures du matériel d'ensemencement doit donc être fait en conséquence. Si la graine est utilisée avec la technique de l'hydro-ensemencement, elle devra donc être ajoutée au mélange en dernier lieu et utilisée dans les plus brefs délais. La chaux entrant dans le mélange d'enrobage facilite l'établissement de la luzerne qui, une fois établie dans les sols acides, tiendra sans difficultés. On peut aussi utiliser sans danger les graines enrobées avec un engrais.

Au moment de la parution du présent document, le producteur des graines Prillcote, la société OSECO Ltd, a déjà lancé 9 espèces de graines enrobées sur le marché; trois types de luzerne, le lotier corniculé Leo, le lotier corniculé Empire, la vesce couronnée Benngift, la fléole Toro, le brome

Eros, G., 1976

Baylor et le trèfle hybride Tetra. Une gamme plus étendue est prévue pour le printemps 1977 et sera produite dans une usine installée dans le sud de l'Ontario depuis 1976. Plusieurs autres compagnies proposent aussi des graines pré-inoculées et enrobées.

1. ERRINGTON, J.C.

2. 1975

3. Natural revegetation of disturbed sites in British Columbia (La reconstitution naturelle de la végétation sur des sols perturbés en Colombie-Britannique).

4. In : Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, Colombie Britannique. Thèse de doctorat (Ph.D.) 145 p.

5. Original

6. a. Colombie-Britannique; région côtière et région intérieure

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes.

7. La présente étude analyse les différents facteurs qui affectent le retour naturel de la végétation sur deux types particuliers de perturbation du sol : (1) les zones perturbées par les émissions atmosphériques du complexe sidérurgique Anyox sur la côte nord de la Colombie-Britannique et (2) les zones où la flore et les terres ont été complètement affectées par les activités minières et industrielles comme les amoncellements détritiques miniers de l'île de Vancouver et du Kootenays occidental et les chemins forestiers de hâlage abandonnées de l'île de Vancouver et dans l'intérieur de la Colombie-Britannique.

Dans l'étude portant sur les chemins forestiers de hâlage dans l'aire intérieure à sapins de Douglas, l'auteur fait remarquer que la plupart des espèces colonisatrices s'établissent de préférence sur la surface des routes plutôt que sur les pentes intérieures et extérieures de ces routes. Le retour de la flore sur ces chemins forestiers abandonnés semble être conditionné par la période de temps écoulée depuis la désaffection ainsi que par la déficience de l'humidité des pentes.

Des échantillons ont été pris dans quinze sites miniers d'âge différent, situés dans le Hemlock occidental à des altitudes variant entre 2 600 pieds (800 m.) et 5 400 pieds (1 650 m.). Certains de ces sites sont situés à proximité de l'aire de l'épinette Engelmann et du sapin subalpin. Quelques-unes de ces mines étaient encore en exploitation jusque dans les années 50. Sur les amoncellements détritiques de ces mines, on a rencontré assez souvent les espèces suivantes : *Pseudotsuya menziesia*, *Thuja plicata*, *Picea glauca*, *Salix* spp. et *Alnus tenuifolia*. L'*Anaphalis margaritacea* figurent parmi les herbes les plus courantes. Des espèces de graminées et de *Carex* Y sont aussi établies assez souvent mais n'ont pas de caractère de dominance. Deux espèces de mousse, *Rhacomitrium canescens* et *Polytrichum juniperinum* ont aussi été remarquées.

Errington, J.C., 1975

Les versant abrupts et instables de ces amoncellements détritiques sont un des obstacles à la colonisation normale par les plantes. Les espèces qui colonisent les terrains perturbés sont en général celles qui constituent la communauté végétale adjacente ou qui, lorsqu'elles sont légères, ont été transportées sur de grandes distances par le vent. La possibilité de réussite de la colonisation est d'autant plus grande que la source des graines est variée. Lorsque la perturbation touche une grande superficie, le pouvoir de dispersion des graines portées par le vent constitue une source supplémentaire non négligeable d'espèces colonisatrices.

La reproduction végétative est limitée sur les bordures des zones perturbées. Il en résulte que les seules espèces ayant une capacité intéressante de reconstitution de la flore sur de grandes surfaces perturbées sont celles qui produisent les semences se dispersant le plus facilement.

L'aulne est la seule espèce fixatrice de l'azote capable de s'affirmer et de dominer les autres espèces. Il ne se rencontre pourtant que dans les régions côtières et reste absent dans les régions pas assez humides.

Trois facteurs principaux limitent la croissance végétal sur les sols perturbés : l'humidité, la stabilité de la pente et la teneur en éléments nutritifs. L'humidité tient le rôle le plus important.

L'importance de la perturbation peut soit augmenter, soit réduire l'influence de nombreux facteurs importants pour le retour de la végétation. Dans le cas de l'humidité, les conditions défavorables des pentes et de l'aspect du terrain peuvent être réduites au minimum sur les perturbations plus petites au moyen de l'ombrage. La création d'un micro-relief est un moyen de conserver l'humidité sur les amas détritiques miniers. La succession des communautés sur les vastes zones perturbées demande en général beaucoup plus de temps.

En résumé, l'auteur recommande quatre étape d'opérations pour réussir la reconstitution de la flore :

1. Déterminer les futurs objectifs d'exploitation des terrains;

2. Évaluer les principaux problèmes se posant dans le retour de la végétation (degré d'humidité, stabilité des pentes, teneur en éléments nutritifs);

3. Modifier les techniques d'entreposage des résidus miniers de façon à réduire au minimum les facteurs défavorables contraires au retour de la végétation;

4. Planter les espèces en fonction des objectifs futurs d'exploitation des terrains.

1. ETTER, H.M.

2. 1971

3. Preliminary report of water quality measurements and revegetation trials on mined land at Luscar, Alberta (Compte rendu préliminaire des analyses qualitatives de l'eau et des expériences de reconstitution de la flore sur des terrains miniers à Luscar, Alberta).

4. In : Centre de recherches sur la forêt nordique, Edmonton, Alberta. Rapport intérieur NOR-3. 19 p.

5. Original

6. a. Alberta; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine, sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains.

7. L'information préliminaire porte sur l'ensemencement de morts-terrains constitués de grés et de schsites désagrégés dans les Foothills supérieures, à l'altitude de 5 500 pieds (1 680 m), à proximité de Luscar, Alaska. Cet amoncellement de morts-terrains n'a toujours pas de végétation après 25-30 ans.

On a procédé à un hydro-ensemencement d'automne et de printemps avec une boue de base à raison de 1 000 gal/acre de paillis de fibre de cellulose (800 à 1 000 lb de matière sèche/acre), d'engrais minéral 10-30-10 (200 lb/acre), d'urée 46-0-0 (100 lb/acre) et d'engrais organique à base d'eaux noires actives (200 lb/acre).

Cinq mélanges différents de semences furent utilisés. Les deux premiers contenaient la plupart des graminées et des légumineuses couramment utilisées pour le contrôle de l'érosion. Seules les applications de ces deux mélanges sont analysées dans le présent rapport. Il n'est pas possible de fournir une évaluation des résultats obtenus avant le passage d'une période de trois ou quatre ans écoulés depuis l'ensemencement. On trouvera ci-après la composition des deux mélanges de graines qui furent utilisés :

Mélange I

Agropyron cristatum	Chiendent huppé
Agrostis alba	Agrostide traçante
Festuca rubra	Fétuque rouge rampante
Poa pratensis	Pâturin des prés
Melilotus alba	Mélilot blanc

Etter, H.M., 1971

Mélange II

Agropyron riparium	Chiendent des berges
Bromus inermis	Brome inerme
Elymus junceus	Élyme russe
Phleum pratense	Fléole
Medicago sativa	Luzerne

L'ensemencement de printemps s'est révélé supérieur à celui d'automne pour le mélilot et pour la luzerne mais il y a eu peu de différences pour les graminées. Les pentes inclinées de 0% à 6% ont donné la plus forte densité d'occupation végétale dans la plupart des cas tandis que la densité des pentes plus fortes diminue considérablement. La densité de la couverture a été jugée satisfaisante pour la lutte contre l'érosion sauf pour les pentes les plus fortes, à condition que la croissance et le développement soient satisfaisants. La densité des plants au cours de la première année a été limitée par le nombre des micro-sites disponibles et non par le taux d'ensemencement ou par le type de mélange utilisé. Même dans les conditions les plus favorables, on n'a obtenu qu'une faculté germinative de 10% et la plus grande faculté germinative du mélange I n'a eu que peu d'effet sur les résultats obtenus. Cet état a été attribué au nombre limité de micro-sites disponibles pour la germination et la croissance primaire. Ces micro-sites, qui sont des dépressions creusées par les chenilles ou la lame d'un bulldozer pendant l'opération de nivellement, profond de 1 à 2 pouces et larges de 2 à 3 pouces, jouent un rôle important dans la réussite de la germination. Le paillis et la semence pénètrent dans ces dépressions ou sont recouverts par de fines particules de sols qui descendent la pente ou sont poussées par le vent. On recommande à l'occasion de concentrer le mélange en pâte d'ensemencement vers ces micro-sites et d'augmenter la surface totale couverte par ceux-ci sur les sols rocailleux, il est souhaitable de faire pénétrer le mélange en pâte à l'intérieur des petites crevasses. Sur les sols meubles ou sablonneux, il sera avantageux de préparer des fossés suivant le profil de pente, de recouvrir les semences et de compacter le sol après ensemencement.

Plusieurs sujets d'étude sont proposés pour des recherches ultérieures : (1) l'importance de la topographie du sol sur la germination et l'établissement des plantes sur les terrains caillouteux à graviers et à sable (2) les méthodes mécaniques pour l'amélioration optimale de la topographie pour l'établissement de la végétation ou l'application optimal des plants à structures racinaires particulières favorisant la stabilité des sols en pentes abruptes; (4) la coordination entre les projets d'exploitation minière et ceux de mise en valeur des terres afin d'aboutir à une topographie idéale (pente, aspect, stabilité et drainage) avant la mise en oeuvre des opérations de remise en valeur des terres. L'auteur a suggéré l'idée qu'on pourra apporter une plus grande attention à la

Etter, H.M., 1971

sélection des espèces, à la définition des objectifs d'utilisation des terres, à la mise au point des techniques de revalorisation en outre des techniques d'ensemencement, dès que les problèmes préalablement exposés auront reçu leurs solutions.

La fin de cette étude a été consacrée aux mesures de variation de la qualité de l'eau en raison de l'érosion accélérée. On a ainsi constaté que des particules de charbon se déplacent de la zone d'extraction minière vers le réseau de drainage qui l'entoure (ruisseaux Camp, Cabin et Lascar qui se déversent dans la rivière Gregg) au moment de la fonte de printemps et à certaines époques pendant les mois de mai et de juin.

1. ETTER, H.M.

2. 1973

3. Mined-land reclamation studies on bighorn sheep range in Alberta (Études sur la reconstitution de la flore sur des terrains miniers situés dans la circonscription territoriale du mouflon du Canada en Alberta, Canada).

4. Environmental conservation 5 : 191-195

5. Original

6. a. Alberta; Montagnes Rocheuses

   b. Régions alpines; morts-terrains

7. Le fourrage d'hiver des populations ongulées de l'Alberta, vivant entre 4 500 pieds (1 372 m) et 7 000 pieds (2 134 m) d'altitude, est constitué principalement par la végétation naturelle de graminées établies sur les versants compris entre l'ouest et le sud-est bordés par la forêt clairsemée, mélangée ou constituée seulement de conifères. Plusieurs facteurs écologiques intimement mêlés font l'importance et la qualité de l'habitat hivernal essentiel à la subsistance des hordes de mouflons du Canada dans les contreforts des Rocheuses au Canada. Toute limitation ou destruction de cet habitat est une menace de malnutrition pour ces animaux à une époque où les conditions climatiques sont plus sévères et où la possibilité de charge (en pâturage) de ces zones territoriales est essentielle pour l'entretien et la conservation du cheptel de mouflons.

Toute activité d'exploitation, l'extraction minière à ciel ouvert notamment, risque de détruire cet habitat animalier. Les résidus miniers couvrent actuellement environ 50% des 390 000 acres qui constituent la circonscription territoriale du mouflon du Canada en Alberta, alors que seulement 5% de ce même territoire ont été exploités par l'industrie minière. Le succès du départ des mouflons hors du territoire actuel dépend de l'existence d'un autre territoire d'accueil.

Une autre préoccupation concerne la qualité de la zone territoriale après l'achèvement des travaux d'extraction minière et de remise en valeur de la végétation. La diète du mouflon est constituée de 80% à 90% de graminées, de cypéracées et de légumineuses, ce qui signifie qu'il se nourrit d'au moins 30 espèces fourragères probables, *Poa*, *Carex* et de légumineuses qui croissent naturellement sur ces contreforts. Cependant, aucune de ces espèces n'est aujourd'hui sur le marché des semences, de même qu'aucune n'a été utilisée lors d'opérations de reconstitution de la flore. Des expérimentations botaniques, dirigées par le Service

Etter, H.M., 1973

canadien de Foresterie et commencées en 1971 ont eu pour but de sélectionner des plantes et des techniques applicables dans les opérations de restauration de la flore sur des régions minières comme celle-ci. Plusieurs espèces ont montré des signes encourageants pour la restauration de la flore dans les aires de pâturage d'hiver : *Agropyron cristatum, Agropyron trichophorum, Elymus junceus, Festuca rubra, Phleum pratense* et *Medicago sativa.* L'*Elymus junceus* et la *Festuca rubra* sont connues pour leur richesse en protéines et en phosphore nécessaires au bétail transhumant, mais cela restait à définir pour le mouflon du Canada.

Le succès éventuel d'une opération de reconstitution de la flore avec ces espèces dépend de l'apport d'une terre de couverture avant l'ensemencement. Toutefois, dans le cas où l'ensemencement serait effectué sur les amas détritiques sans l'amélioration préalable de leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques, il faudra attendre des dizaines d'années pour que ces sols produisent un pâturage suffisant. Les plantes devront donc être établies selon un modèle qui correspond aux besoins du mouflon. C'est ainsi que les graminées et les herbes non-graminéeenes devront être mises en culture sur les versants sud, tandis que les versants nord pourront recevoir des arbres et des arbustes. Puisque les versants sud correspondent le mieux à l'habitat hivernal du mouflon, tous les endroits disponibles, du plus petit au plus grand, devront être mis à profit sur ces pentes, puis stabilisés par des graminées et des légumineuses. Il faudrait donner la priorité d'abord aux versants sud dont la déclivité varie entre 20% et 47% (10^{o} à 20^{o}). La technique de l'hydro-ensemencement s'est montrée appropriée pour la reconstitution de la flore sur les terrains difficiles en utilisant un mélange aqueux de paillis organique, d'engrais, d'adhésif et de semences.

Il est nécessaire de poursuivre les recherches dans ce domaine pour augmenter la productivité des terres dont la végétation est ainsi constituée dans les régions subalpines et pour déterminer la capacité de charge en pâturage des habitats animaliers ainsi remis en valeur.

1. F.F. SLANEY and COMPANY LIMITED

2. 1974

3. Environmental considerations, proposed northern railway extension, Whitehorse to Pelly River (Quelques considérations sur l'environnement autour du projet d'extension du réseau ferré vers le nord, entre Whitehorse et Pelly River).

4. Unpublished report prepared for White Pass and Yukon Corporation Limited, Vancouver, by F.F. Slaney and Company Limited, Vancouver. 129 p.

5. Original

6. a. Yukon; Yukon méridional

   b. Yukon méridional; routes

7. Les spécifications pour la reconstitution de la flore sur les sols perturbés au moment de la construction future de ce projet de voie ferrée dans le nord concernent le ré-ensemencement artificiel et la fertilisation pour permettre un retour rapide de la végétation. Un mélange de graminées et de légimineuses devra être formulé en fonction de chaque type de sol, de pente, d'exposition et de régime d'humidité rencontré dans la région. Les épandages d'engrais devront être calculés en fonction des résultats d'analyse de chaque sol spécifique, en donnant la préférence aux engrais NPK à décharge lente.

L'ensemencement à la main sera nécessaire sur les zones ayant une superficie inférieure à cinq acres, tandis que l'hydro-ensemencement sera utilisé pour les zones plus vastes. Il faudra d'autre part disposer d'une source d'eau suffisante pour la préparation des mélanges et l'application du composé aqueux paillis-engrais-semences.

La faiblesse des précipitations, la brièveté de la saison de croissance et la froideur de l'hiver posent un problème majeur pour la reconstitution de la flore dans le centre du Yukon. Les graminées et les légumineuses utilisables et les plus résistantes à de telles conditions sont les suivantes :

Chiendent huppé	*Agropyron cristatum*
Chiendent intermédiaire	*Agropyron intermedium*
Chiendent pubescent	*Agropyron trichophorum*

F.F. Slaney and Company Limited, 1974

Agrostide blanche	*Agrostis alba*
Brome inerme	*Bromus inermis*
Fétuque rouge rampante	*Festuca rubra* (lignée boréale)
Fétuque durette Durar	*Festuca ovina duriscula*
Mélilot blanc	*Melilotus alba*
Luzerne et rhizomes	*Medicago sativa*
Pâturin comprimé	*Poa compressa*

1. FARMER, E.E., B.Z. RICHARDSON et R.W. BROWN

2. 1976

3. Revegetation of acid mining wastes in central Idaho (Reconstitution de la flore sur des haldes acides dans le Idaho central).

4. Ministère américain de l'Agriculture, Station expérimentale des zones forestières et territoriales animalières intermédiaires, Ogden, Utah. Compte rendu de recherche INT-178. 17 p.

5. Original

6. a. Idaho; Montagnes Rocheuses

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains.

7. Un programme sur deux années de reconstitution de la flore sur la mine de cuivre et de cobalt Blackbird, dans la forêt nationale Salmon, Idaho, a porté sur l'utilisation de trois mélanges de semences (espèces autochtones, espèces allochtones et un mélange d'espèces auto et allochtones) sur trois types de haldes de morts-terrains en élévation (une parcelle de référence sur une halde, une parcelle irriguée sur une autre halde et une halde recouverte sur une épaisseur de 8 pouces de terre de couverture provenant de forêts voisines). Les sols et les morts-terrains n'étaient pas homogènes; les détritus et les résidus miniers allaient de l'état neutre à l'état fortement toxique avec des points critiques "hotspots" phytotoxiques particulièrement durs à repeupler.

Tous les morts-terrains eurent besoin d'un traitement à la chaux répandue en couverture à raison de 800 lb/acre. Deux mois avant la plantation, les morts-terrains furent sacrifiés sur une profondeur de 10 pouces et les sites furent hersés après le chaulage.

Au bout des deux premières années, il fut difficile de définir quelle serait la combinaison minimale des traitements nécessaires pour rendre la couverture du sol acceptable mais les auteurs ont pu proposer des traitements paraissant plus efficaces. Il s'agit de la fumure de la couche superficielle des déblais miniers avec des sols de surface ou des sous-sols locaux sur une épaisseur de 8 pouces, associée à un programme de fertilisation. L'irrigation s'est révélée d'un intérêt discutable. La reconstitution de la flore sur les déblais miniers bruts, même après chaulage, épandage d'engrais et de paillis ne semble pas une procédure souhaitable. Une question fondamentale qui est restée sans réponse en ce qui concerne l'irrigation complémentaire est de savoir ce qui se passera quand on cessera l'irrigation.

Farmer, E.E., B.Z. Richardson et R.W. Brown, 1976

Aucun effet contraire n'a été constaté au moment de la germination sur le sol fumé en surface ou sur les taillis miniers chaulés. Le labourage du semis en sillons et le compactage après ensemencement sont essentiels pour assurer la pénétration nécessaires pour assurer le contact hydraulique autour des semences sur les cônes de résidus caillouteux.

Quant à l'évolution des espèces, il semble que les graminées allochtones produisent de bons résultats dans les conditions les plus favorables, que les espèces autochtones produisent une couverture végétale certaine lorsque les conditions sont défavorables et que les mélanges d'espèces autochtones et allochtones produisent une couverture végétale bonne dans une vaste gamme de conditions édaphiques intermédiaires. Les éléments phytotoxiques tels que les minéraux et les sels sulfurés doivent être enfouis et il est vraissemblable qu'ils ne permettent l'établissement l'aucune végétation. En s'appuyant sur les informations recueillies pendant deux ans d'expérimentation, le dactyle pelotonné, la fléole et le brome inerme ont produit de bons résultats notamment sur les sols ayant reçu une fumure de couverture ainsi qu'un épandage d'engrais. Un mélange composé de ces espèces associées à des espèces autochtones pionnières (le *Sitanion hystrix*, l'achillée millefeuille, le brome des toits et peut-être aussi la canche dans la région de la présente étude) devrait donner une bonne production et une bonne couverture végétale dans des conditions de développement favorables avec la possibilité de produire une station adéquate dans des conditions défavorables.

La fertilisation initiale est indispensable, mais on ne connaît pas encore la durée de ses effets ou s'il sera nécessaire de fertiliser de façon continue à des intervalles réguliers. Le problème de la réapparition de l'acidité est une éventualité à laquelle on peut s'attendre. L'analyse des tissus de plantes provenant de sols fortement et moyennement acides a montré que la teneur en potassium, en fer, en cuivre et en zinc est plus élevée pour les plantes de sols à pH 3.4 que celles de sols à pH 5.0. Jusqu'à la parution du rapport, aucun effet végétatif contraire de réacidification n'a été constaté sur la parcelle traitée avec une couche de 8 pouces de sols et de sous-sols autochtones.

1. FOOTHILLS PIPE LINES LTD

2. 1975

3. Mackenzie Valley Pipeline Inquiry in the matter of Phase II - The impact of the pipeline and Mackenzie corridor development on the physical environment. First Panel on Phase II. Subjects relating to the physical environment. (Enquête sur le gazoduc de la vallée du Mackenzie portant sur la Phase II. Les répercussions du gazoduc et des travaux de percement du couloir Mackenzie sur l'environnement physique).

4. Travaux de mise en évidence réalisés par Dr. H. Vaartnou, Foothills Pipe Lines Ltd., Calgary soumis à la commission d'enquête sur le gazoduc de la vallée du Mackenzie. p. 28-35.

5. Original

6. a. District de Mackenzie; taïga canadienne.

   b. Sud-ouest du Mackenzie, centre du Mackenzie, delta du Mackenzie; routes

7. Un compte rendu des questions posées par le Dr. Vaartnou, ingénieur-conseil auprès de la Foothills Pipe Lines Ltd. sur les questions de reconstitution de la flore, montre que l'objectif de l'entrepreneur est de favoriser le retour d'un écosystème auto-suffisant le long des bas-côtés de l'ouvrage ainsi que dans d'autres régions perturbées par la construction du gazoduc. Cet objectif sera atteint, dans la mesure du possible, à l'aide d'écotypes rencontrés dans la région d'opération.

Les plans prévoient d'utiliser les graminées locales à croissance rapide et des lignées locales naturalisées de graminées allochtones, sélectionnées sur divers points de la vallée du Mackenzie, en opposition aux espèces agronomiques choisies par le Canadian Arctic Gas Study Limited. Là où ce sera possible, on veillera à utiliser aussi des semences de légumineuses et d'arbustes autochtones. Dans les endroits où la restauration de la végétation sera difficile par ensemencement, on procédera à la propagation végétative en appliquant les techniques de défibrage, en utilisant des rhizomes, des stolons, des entes racinaires et des boutures de tige. Les berges de rivières pourront être plantées à la main en utilisant des boutures de tiges et de racines.

Les espèces autochtones sont définies comme des espèces qui se sont développées selon un processus naturel d'évolution dans une aire géographique donnée. Une lignée locale est une espèce allochtone introduite qui s'est adaptée aux conditions locales de l'environnement et est capable de survivre en concurrence avec les espèces autochtones.

Foothills Pipe Lines Ltd., 1975

Une espèce agronomique est une variété d'une espèce introduite ou d'une espèce autochtone développée dans des buts de production fourragère ou ornementale. Les écotypes des variétés naturelles sont créés dans les conditions d'un micro-environnement local et sont adaptés à certains sols et à certaines conditions climatiques bien définies. Des écotypes différents peuvent avoir des demandes différentes en ce qui concerne le type de sol, les éléments nutritifs, l'humidité et la température de même qu'ils peuvent se différencier par leur résistance à la maladie et à la concurrence, leur cycle saisonnier, leur système racinaire et leur coefficient de couverture de sol.

Les écotypes autochtones d'une région particulière présentent l'avantage d'être adaptés à l'environnement local, à condition d'être plantés dans des situations comparables. La plantation de diverses espèces d'origine génétique locale est aussi une garantie face aux maux et aux maladies telles que la moisissure de la neige.

La stratégie concernant le programme de fertilisation visait à promouvoir la croissance du fouet là où il est nécessaire d'apporter une protection au pergélisol. Des quantités minimales d'engrais sont prévues de façon à réduire au minimum toute éventualité d'éclatement de l'écosystème local et aussi parce que les espèces autochtones n'ont pas besoin d'autant d'engrais que les variétés agricoles disponibles sur le marché.

La société Foothills Pipe Lines a prévu d'utiliser les méthodes suivantes de reconstitution de la flore : (1) ensemencement aérien par hélicoptère, chaque fois que ce sera possible; (2) ensemencement avec semoir Brillion lorsque les semences doivent être introduites dans le sol, suivi d'un hersage, d'un compactage au rouleau ou avec tout autre équipement approprié à la surface du sol; (3) défibrage de la couverture végétale autochtone lorsqu'on désire une propagation végétative d'espèces qui ne peuvent se propager par ensemencement. Le matériel de défibrage sera obtenu à partir des parties aériennes, plus 2 à 4 pouces de sol (contenant les racines et les rhizomes), prises le long du fossé du gazoduc. Ce matériel pourra être utilisé soit immédiatement sur les zones adjacentes, soit entreposé en vue de son utilisation ultérieure.

Les zones particulières qui impliqueront l'usage probable de matériel au sol sont les berges des rivières, les terrières, les sites construits certaines pentes abruptes, certains sols sablonneux mouvants et les petites aires autour des stations de compression.

La méthode prévue de propagation végétative diffère de la méthode de préparation de plaques car, dans le premier cas, le matériel résultant du défibrage est incorporé dans la surface existante alors que, dans le second cas, la couche appliquée vient se superposer à une surface pré-existante. Les racines de plaques risquent de ne pas s'étendre dans le

Foothills Pipe Lines Ltd, 1975

substrat est différente de celle de la plaque. Une telle situation pourrait bien engendrer une érosion intersticielle entre les couches, notamment sur les pentes.

Les espèces autochtones et les lignées naturalisées d'espèces allochtones ne sont pas encore aujourd'hui disponibles sur le marché des semences. Toutefois, la société Foothills Pipe Line Ltd. a conclu des contrats pour faire produire des graines en quantité suffisante sur une période de 2 à 4 ans, en fonction de la variété et de la quantité requises. On a prévu le début de la multiplication pour le printemps 1976 et on devrait disposer de suffisamment de semences pour la reconstitution de la flore sur 1 000 acres en 1978, 3 000 acres en 1979 et une surface encore plus grande en 1980.

Le contrôle et l'appréciation du succès de la reconstitution de la flore seront dirigés par un scientifique en botanique qui fera faire des inspections régulières par des techniciens à l'occasion de visites aériennes ou au sol. Les zones qui ne donneront pas satisfaction seront soumises à une nouvelle opération de reconstitution dès que l'occasion se présentera.

L'auteur pense qu'il n'y a pas de raison pour que des sols perturbés ne puissent pas être remis en valeur si on utilise les connaissances scientifiques, les techniques et les expériences actuelles.

1. FOOTHILLS PIPE LINES LTD

2. 1975

3. Revegetation (Reconstitution de la flore).

4. In : Exposé sur l'environnement, Section D, chapitre 5 de la requête présentée au Conseil National de l'Environnement et au ministère du Développement du Nord canadien. Partie 5.6.12, page 5D-5.27

5. Original

6. a. District du Mackenzie; taïga canadienne

   b. Sud-Ouest du Mackenzie, Centre du Mackenzie, Delta du Mackenzie; routes.

7. L'entrepreneur a indiqué que les trois types fondamentaux de surfaces qui nécessiteront une opération de réhabilitation sont :

1. Les surfaces sur lesquelles la végétation du sol et la couche organique de surface demeurent relativement intactes. Ces surfaces comprennent celles qui sont situées sous les routes enneigées, les zones de travail voisines de la tranchée du gazoduc, ainsi que les zones utilisées pour l'entreposage temporaire du remblai du gazoduc.

2. Les surfaces dont la végétation du sol et la couche organique ont été déplacées provoquant ainsi une exposition des sols minéraux des sols minéraux ou organiques. Ces surfaces se trouvent dans les terrières, sur les flancs de tranchées de collines et tout le long du fossé.

3. Les surfaces provoquées par le dépôt de matériau. Ces surfaces se trouvent dans les zones occupées par les routes temporaires, les quais et les entassements.

Les sites conservant une surface organique intacte sont ceux qui nécessiteront le moins d'effort de reconstitution de la végétation. Dans la plupart des cas, l'ensemencement et la fertilisation suffiront. Les terrières ainsi que les flancs de tranchées impliqueront des méthodes intensives telles que scarification, adjonction de matières organiques, utilisation de nattes préensemencées ou non, plantation de boutures d'arbustes, utilisation de stabilisateur de sols et fertilisation.

Les zones de dépôt de matériau poseront les plus graves problèmes de réhabilitation. On prévoit deux types fondamentaux : D'une part, les remblais originaires du lieu même et formant la banquette du gazoduc;

Foothills Pipe Lines Ltd, 1975

et d'autre part, un matériau à texture relativement dense utilisé pour certains remblais et pour la construction des routes et des blocs supports. Dans la plupart des cas, le remblai originaire du lieu même pourra être traité efficacement à l'aide d'engrais et de semences. Dans les régions humides où poussent des graminées et des carex à rhizomes, le placement de plaques gazonnantes ou de bouquets ainsi que d'engrais pourra être suffisant pour restaurer une couverture végétale naturelle saine. Dans le cas de certains remblais particuliers et de matériau à structure granulaire utilisée pour la construction des blocs supports et des routes, il sera nécessaire d'appliquer un traitement plus intensif tel que : l'utilisation de nattes préensemencées, la sélection d'espèces végétales adaptées au substrat granulaire bien drainé, l'application de moyens de régularisation de l'humidité de surface à l'aide de plantations d'arbres et d'arbustes, l'ensemencement et l'épandage intensif d'engrais, l'application de matériau à texture fine ayant une meilleure rétention hydrique, et un ameublissement mécanique.

1. GARDINER, R.T.

2. 1972

3. Cominco approach to revegetation research (Les travaux de recherche de Cominco sur la reconstitution de la flore).

4. In : Gestion de l'environnement : la scène minière, la remise en valeur des terres perturbées, Centre de Formation continue, Université de Colombie-Britannique, Vancouver, C.-B. 6 p.

5. Original

6. a. Colombie-Britannique; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; morts-terrains

7. Le programme de recherche de reconstitution de la flore de Cominco comprend trois parties principales : 1) Caractérisation des zones perturbées en fonction du climat de la végétation naturelle et des possibilités d'utilisation des terres; 2) Caractérisation des déblais miniers et industriels en fonction de leur aptitude à fournir un moyen de croissance pour les plantes, associée à des études de croissance en serre sur des espèces sélectionnées et 3) Évaluation *in situ* des espèces végétales et des techniques de reconstitution de la flore.

De profondes carences en azote et en phosphore, bien plus que la présence de composés phytotoxiques, sont des facteurs limitateurs de croissance caractéristiques, par exemple, des déblais miniers provenant de la Fording Coal Company, C.-B.

La gamme étendue de sites géographiques, d'altitude et de nature variable de sites perturbés en Colombie-Britannique sont des éléments particulièrement importants pour justifier la réalisation d'études *in situ* des différentes variables affectant la reconstitution de la végétation.

Les recherches *in situ* effectuées à la mine de Fording Coal ont donné les résultats préliminaires suivants :

1. Les espèces de chiendent et de fétuque ainsi que le brome inerme semblent très bien adaptées aux conditions climatiques propres aux altitudes situées entre 5 500 et 7 300 pieds (entre 1 680 m et 2 250 m). Le mélilot, la luzerne et le sainfoin se sont développés de façon satisfaisante entre 5 500 pieds et 6 700 pieds (entre 1 680 m et 2 050 m); cependant, leur croissance est restée faible à 7 300 pieds (2 250 m). Le premier objectif de la présente étude était d'analyser avec soin les espèces de graminées et de légumes en fonction de leur capacité d'adaptation aux conditions climatiques en haute altitude. Les graines

furent ensemencées à la main sur un semis bien préparé. A l'origine, on choisit de faire les expériences avec 16 graminées et 9 légumineuses. Depuis, l'étude a été modifiée pour inclure les espèces et les variétés de 18 graminées et de 14 légumineuses.

2. La fléole, la fétuque rouge rampante, la fétuque durette Durar, la pâturin comprimé, le brome inerme, plusieurs espèces de chiendent et l'agrostide traçante ont donné d'assez bons résultats pendant la période initiale de croissance lorsqu'elles furent semées par hydro-ensemencement sur des bas-côtés de routes. En ce qui concerne les légumineuses, le mélilot a donné les meilleurs résultats suivis par la luzerne, le sainfoin et le trèfle hybride.

3. La teneur de l'humdidité disponible et les conditions physiques de la surface du sol des bas-côtés routiers jouent un rôle sur la germination et sur l'établissement des semis de graminées et de légumineuses. Les sols argileux glacés des bas-côtés routiers deviennent très durs lorsqu'ils sèchent. En conséquence, la culture a été concentrée sur des microsites et sur des rigoles d'érosion qui demeuraient humides et meubles suffisamment longtemps pour l'établissement des semis. Les produits de paillis assistent de façon efficace la tenue des semences sur les surfaces fortement inclinées mais il ne semble pas qu'ils réduisent la perte d'humidité par évaporation.

4. La récolte de fourrage dans les herbages alpins qui constituent l'habitat du gros gibier a été presque doublée par l'application de 200 livres d'azote/acre. L'azote a été dans ce cas l'agent nutritif le plus important dans la limitation de la croissance des graminées alpines. Les effets résiduels de l'engrais sur les récoltes n'ont pas pu être déterminés en raison de la maigre croissance qui a suivi la prise d'échantillons.

Des graines d'épinette de Engelmann et de pins de Murray ont été ramassées en vue de la multiplication d'un peuplement de plantation sur la pépinière de Cominco à Trail, C.-B. et pour réaliser d'eventuelles évaluations *in situ*. Des boutures de trembles et de saules originaires de la vallée Fording ont aussi été multipliées de même que le seront des jeunes plantes provenant de 8 clones différents de peuplier hybride pour des plantations sur plusieurs propriétés de Cominco.

1. GEALE, C.H.

2. 1966

3. Guides for controlling erosion (Directives pour le contrôle de l'érosion).

4. Ministère du Territoire et des Forêts de l'Alberta, Edmonton 39 p.

5. Original

6. a. Alberta; taïga canadienne, Montagnes Rocheuses

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; routes.

7. La plus grande partie de ce guide est consacrée aux techniques de contrôle de l'érosion, de la conception des routes, à l'entretien et à l'utilisation des drains de dérivation, des structures d'obstruction et des tranchées suivant les courbes de niveau. Les recommandations pour les plantations à effectuer dans le nord de l'Alberta comprennent les indications d'espèces de graminées contenues dans un mélange avec une espèce de trèfle ;

MÉLANGE	APPLICATION PAR ACRE
1. Pâturin des prés *(Poa pratensis)* ou pâturin comprimé *(Poa compressa)*	6 lb
2. Fétuque rouge rampante *(Festuca rubra)* ou fléole *(Phlem pratense)*	6 lb
3. Trèfle hybride *(Trifolium hybridum)* ou trèfle blanc Dutch *(Trifolium repens)*	3 lb

Le pâturin des prés a été choisi en raison de son système racinaire fin extrêmement ramifié qui occupe entre 1.5 et 2.0 pieds de surface au sol. Le pâturin comprimé produit aussi un abondant réseau de racines rampantes qui constitue une touffe extrêment compacte. Sa croissance est d'environ 6 à 8 pouces et est bien plus agressive que le pâturin des prés et s'adapte à de nombreux types de sols. Le chiendent huppé, proposé pour la composition des mélanges pour le Sud de l'Alberta est plus profondément enraciné que le pâturin des prés; ses racines pénètrent au moins jusqu'à six pieds de profondeur ce qui rend cette espèce particulièrement résistante à la sécheresse. La croissance limitée du chiendent huppé en tige diminue les risques de propagation d'incendie. Cette dernière espèce marque en général la différence principale entre les mélanges d'espèces

Geale, C.H., 1966

recommandés pour les régions méridionales et septentrionales de l'Alberta. On déconseille de choisir la fléole en raison de sa hauteur et du risque d'incendie.

Parmi les deux légumineuses, le trèfle hybride est considéré comme une bonne sélection car il fournit un système racinaire extensif associé à une croissance aérienne limitée. Toutefois, le trèfle blanc Dutch et la luzerne sont de bonnes espèces de remplacement en lieu et place du trèfle hybride.

Le chiendent intermédiaire *(Agropyron intermedium)* et le chiendent velu *(Agropyron pubescens)* peuvent remplacer les graminées énumérées ci-dessus. La dernière citée est une graminée vivace, rampante et résistante qui s'établit facilement et bénéficie d'une croissance de printemps précoce. Ces deux espèces sont vivement recommandées pour le contrôle de l'érosion bien que leur croissance aérienne présente un danger de propagation de l'incendie.

Une partie de ce manuel rend schématiquement compte de la technique à utiliser pour la plantation d'arbres avec une brèche à planter pour s'assurer de la profondeur correcte et de la solidité du sol avant l'implantation du jeune plant. L'utilisation des arbres est intéressante lorsqu'il s'agit de réduire une érosion excessive ou que l'on désire établir une protection durable et permanente. Les espèces mentionnées pour l'Alberta comprennent l'épinette *(Picea glauca)* et le sapin *(Pinus contorta)* plantés de 10 pieds en 10 pieds.

1. GILL, D.

2. 1974

3. Habitat enhancement in a disturbed northern landscape (Mise en valeur de l'habitat animalier dans les régions perturbées du nord).

4. In : D. Hocking and W.R. MacDonald, Éditeurs, comptes rendus d'un groupe d'étude sur la mise en valeur des terres perturbées dans l'Alberta, Centre de Recherche sur la Forêt nordique, rapport d'informations NOR-X-116, p 79-80

5. Original

6. a. Yukon, Yukon méridional

   b. Région alpine, Yukon méridional; morts-terrains

7. La mise en valeur de l'habitat pour la faune est un des aspects potentiels qui n'a reçu aujourd'hui que peu d'attention dans le cadre des opérations de reconstitution de la flore sur les zones perturbées. C'est le cas par exemple de l'environnement de toundra alpine dans les Burwash Uplands, territoire du Yukon, où une voie ferrée fut installée dans les années 1880 pour desservir les gisements aurifères et qui fut utilisée jusque dans les années 1930.

La couverture végétale primaire a été remplacée par une couverture végétale différente de la toundra à canche et à carex reposant sur un pergélisol à forte teneur en glace. On pense que c'est la dégradation thermokarstique le long de la voie qui a provoqué l'apparition de dépressions humides qui furent postérieurement colonisées par des saules et des bouleaux nains. Les jeunes ramilles terminales des saules constituent le paturage préféré du caribou qui suit la voie désaffectée tout au cours de son alimentation. De telles concentrations de caribou notamment un troupeau d'environ 200 têtes, maintient la dégradation le long de la voie tant et si bien que les dépressions humides sont demeurées, ce qui a empêché jusqu'à maintenant la succession des communautés.

L'association végétale de ce plagioclimax de la voie a une plus grande diversité d'espèces que les zones avoisinantes de même qu'elle a une productivité annuelle plus importante. Les microtinés (campagnoles, mulots) et les oiseaux profitent de la végétation de ce plagioclimax tant pour leur alimentation que pour leur habitat.

On pense que les résultats de la présente étude ont une signification importante pour l'aménagement ultérieur de l'habitat animalier dans le Nord.

1. GIVEN, D.R. et J.H. SOPER

2. 1975

3. Pioneer vegetation on moraines near Clachnacudainn Snowfield, British Columbia (La végétation primaire sur les moraines à proximité du champde neige Clachnacudainn, Colombie-Britannique).

4. Syesis 8 : 349-354

5. Original

6. a. Colombie-Britannique; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; morts-terrains

7. Le phénomène de récession glaciaire a exposé des surfaces morainiques près du centre du parc national Revelstoke où 7 sites, situés entre 6 700 pieds et 7 650 pieds (2 040 mètres et 2 320 mètres) d'altitude, ont été étudiés. On procéda au ramassage d'échantillons et à la levée d'observations sur la bordure orientale du champ de neige et immédiatement au nord du mont Clotz. Depuis 1948, on n'a remarqué que peu de changement dans l'extension de la glace adjacente au levé principal situé sur le versant nord de cette montagne. La formation géologique de cette zone est extrêmement lente. Les quartzites et les granites produisent un sol graveleux ou sableux, sombre sans structure, qui en certains endroits devient argileux et souvent partiellement gelé.

La colonisation des moraines nouvellement exposées est, pense-t-on, due à la dispersion des propagules en provenance de la végétation voisine. Les espèces relativement dominantes, possèdent des caractéristiques appropriées à la colonisation comme l'*Epilobium latifolium*, espèce grégaire qui se multiplie par rhizomes et par graines. Cette espèce se rencontre un peu partout sur les moraines de gravier et sur les plaines alluviales de l'Arctique et fut aussi une des premières espèces à apparaître au Mont Robson. On a aussi rencontré le *Carex nigricans* dans quatre stations où il est agressif. L'*Antennaria alpina* se reproduit par semences et par stolons et apparaît légèrement plus tard dans la succession des communautés.

On a aussi rencontré des espèces similaires sur d'autres stations morainiques. Dans la montagnes Selkirk, l'*Epilobium latifolium* y était plus commun sur les moraines jeunes tandis que les espèces *Juncus drummondii* et *Juncus mertensianus* présentes, comme espèces mineures dans l'actuelle zone d'étude dans les montagnes du parc national Revelstoke, y furent signalées comme les plantes les plus communes sur les moraines jeunes.

Given, D.R. et J.H. Soper, 1975

Douze espèces sont énumérées pour les moraines calcaires du glacier Sir Sanford dont huit poussent aussi sur le champ de neige Clachnacudainn (*Epilobium latifolium*, *Erigeon acris*, *Poa alpina*, *Salix arctica*, *Salix nivalis*, *Silene acaulis* et *Trisetum spicatum*). A Glacier Bay, en Alaska, les communautés pionnières sur les moraines sont des mousses, *Epilobium latifolium*, *Equisetum variegatun* et *Dryas drummondii*, qui sont suivies par des *Salix Arctica* et autres saules nains et broussailleux. Les légumineuses herbacées sont presque absentes de la flore alpine du Revelstoke tandis que les *Dryas drummondii* primaires, ici importantes, sont totalement absentes à plus hautes altitudes.

1. GOFF, L.D.

2. 1971

3. Erosion control research in the Swan Hills (Recherche sur la lutte contre l'érosion dans les monts Swan).

4. Service forestier de l'Alberta, Ministère du territoire et des forêts. 92 p.

5. Original

6. a. Alberta; taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional, routes.

7. L'extension d'un champ pétrolier important et la suppression de la couverture forestière a posé un sérieux problème d'érosion dans les monts Swan en Alberta. Un programme de recherche sur la lutte contre l'érosion a commencé en 1966 et les résultats font l'objet du présent rapport.

Dans la région d'étude considérée, un sol sans structure, composé d'argile et de limon avec des particules détachées et friables est soumis à l'érosion en plaque et en rigole. On y trouve aussi des infiltrations de sable à texture moyenne associées à de l'argile montmorillonite qui a une forte tendance à se solidifier en cas de sécheresse et à se fluidifier lorsqu'elle est mouillée. Lorsque ces sous-sols sont exposés. il n'est pas rare de rencontrer des rigoles et des ravines qui découpent la surface sur des profondeurs de 5 pieds ou plus. L'eau est ici le principal agent d'érosion.

Il semble que la végétation naturelle soit incapable de se rétablir sur les sites ainsi dénudés. Les graminées naturelles et les herbes non graminéeennes de cette zone sont habituées à se développer dans l'humus et ne peuvent pas pousser sur le sol minéral. De nombreuses régions dénudées au premier stade de développement et d'exploitation du champ pétrolifère sont encore aujourd'hui complètement nues. Cependant, le sol minéral constitue un substrat convenable pour le retour naturel du sapin, de l'épinette et du peuplier mais il faut une période de temps considérable pour leur établissement et la constitution d'une couverture suffisante capable d'empêcher l'érosion. La couverture végétale intérimaire doit donc être fournie par des graminées et des légumineuses.

Les opérations de réhabilitation comprennent sept étages progressives pour la restructuration des sites endommagés (essentiellement une phase mécanique) et pour l'établissement d'une couverture végétale assurant la stabilisation du sol.

Goff, L.D., 1971

1. La restructuration du facies est nécessaire pour améliorer les caractéristiques de drainage là ou existe une érosion moyenne ou très importante et lorsque les opérations de nivellement apportent une meilleure surface de croissance végétale. Lorsque la surface du sol est couverte de mottes et conserve un aspect rugueux, l'absorption de l'humidité est nettement améliorée en même temps que le ruissellement des eaux de surface est arrêté.

2. Le degré de préparation de la planche de semis (nivellement, hersage et scarification) a une influence variable sur la croissance future de la végétation. La qualité de la croissance fut meilleure sur les surfaces préalablement travaillées. En ce qui concerne l'ensemencement de printemps, il a notamment été nécessaire d'introduire les graines dans le sol par hersage; cela a permis d'augmenter d'au moins 50% les probabilités de succès de l'ensemencement. Cependant, lors de l'ensemencement d'automne on a remarqué peu de différences que l'ensemencement soit travaillé auparavant ou non. La plantation expérimentale de céréales compagnes a nécessité deux opérations de hersage, avant et après l'ensemencement en plein, de façon à préparer une planche de semis plus profonde et plus uniforme, nécessaire aux céréales.

3. La période d'ensemencement doit coïncider avec la période la plus favorable des conditions d'humidité du sol; ce facteur est sans doute le plus important lors de l'établissement de cultures fourragères. En général, trois époques de l'année conviennent aux opérations d'ensemencement : ensemencement de printemps jusqu'à la mi-juin; ensemencement précoce d'automne de la fin juillet jusqu'au début septembre; l'ensemencement tardif d'automne, du 30 septembre jusqu'à l'apparition des gelées. L'ensemencement précoce de printemps est souvent gêné par de mauvaises conditions du sol trop meuble pour le travail avec des machines. Les plantations tardives de printemps souffrent d'une évapotranspiration rapide qu'il est possible de combattre par une opération de hersage pour enfouir les semences dans le sol ou, méthode plus efficace, par l'ensemencement d'une céréale compagne qui constituera un paillis protecteur. Sans une certaine protection contre l'évapotranspiration et l'encroûtement, la germination des graminées et des légumineuses semées au printemps est très lente. L'ensemencement précoce d'automne est soumis aux mêmes inconvénients qu'à la fin du printemps d'autant qu'il n'est pas possible à cette saison d'y ajouter une céréale compagne. Les légumineuses ont particulièrement souffert à ce moment de l'année. L'ensemencement tardif d'automne s'est montré mieux avantagé et a été couronné de succès. Avec l'ensemencement tardif d'automne, les semences bénéficient de l'humidité de surface comme au début du printemps et l'état du sol en automne est idéal pour la préparation de la planche de semis et pour la restructuration du facies. Un des inconvénients de l'ensemencement tardif d'automne est la forte mortalié des plants de légumineuses pendant le début du printemps à cause du gel nocturne.

Goff, L.D., 1971

4. Des graminées et des légumineuses ont été sélectionnées sur la base des essais réalisés et sont énumérées ci-après dans l'ordre décroissant de leur intérêt :

Graminées	Légumineuses
Fléole	Luzerne rambler
Fétuque rouge rampante	Trèfle rouge
Pâturin des prés	Trèfle blanc dutch
Chiendent huppé	
Chiendent velu	
Brome	

Les caractéristiques de germination et de croissance de la fléole furent supérieures à celles de toutes les autres espèces de graminées à cet endroit. Un mélange des espèces énumérées ci-dessus a été utilisé à raison de 40 lb/acre mais les essais qui ont suivi ont montré que le pâturin des prés et le trèfle blanc dutch sont largement distancés. Les légumineuses ont pris un caractère dominant lorsqu'un paillis de surface ou une culture compagne fut utilisé. Par contre, sans ce paillis ou cette culture compagne ce sont les graminées qui devenaient dominantes.

5. Les résultats optimaux ont été obtenus avec des taux d'application d'engrais de 200 à 250 lb/acre de mélange 16-20-0-14 d'ammonium, de nitrate, de phosphate et de sulfate utilisés avec la semence. Il a été nécessaire de procéder à une deuxième application d'engrais à raison de 50 à 100 lb/acre lors de l'ensemencement d'une culture compagne le printemps suivant. Les sous-sols exposés par la construction des routes et des sites d'extraction furent très fortement acides, certains même atteignant un pH 4.0. On considéra alors qu'il était inutile de chauler ces terrains et on décida de laisser pousser une végétation même clair-semée et inégale sur ces sols très acides.

6. L'utilisation de cultures céréalières compagnes a permis d'augmenter la croissance des légumineuses seulement lorsqu'elles furent semées au printemps sur des surfaces et des pentes exposées sèches. Le sol a aussi été stabilisé plut tôt, grâce aux caractéristiques de germination et de croissance plus rapides des céréales. C'est l'orge Oli qui a montré les meilleures dispositions comme céréales compagnes. La refertilisation des zones de cultures fourragères a constitué une étape vraiment nécessaire pendant l'année suivante en raison de l'importance consommation d'éléments nutritifs du sol par la culture compagne.

7. Les paillis protecteurs se sont montrés avantageux dans deux cas. Pour la stabilisation des pentes fortes jusqu'à ce que la végétation se soit établie et que les conditions de développement se soient affirmées; une meilleure rétention de l'humidité et la suppression de l'encroûtement de la surface du sol. Tous les types de paillis soumis aux essais ont donné d'assez bons résultats (turfiber, paille et asphalte,

Goff, L.D., 1971

sciure de bois et asphalte, toile de jute, paille, film plastique et broussaille). Les graines et les engrais furent épandus en plein à la fin de l'automne après l'application des paillis en broussaille. Une érosion légère est demeurée mais elle fut bien moindre et on ne remarqua pas de mouvement des semences. La couverture apportée par le paillis en broussaille a favorisé la rétention de l'humidité et a empêché l'encroûtement de la surface de même qu'il a moins freiné la pénétration des plantes en croissance si on le compare à d'autres types de paillis. Cette méthode a aussi l'avantage d'être facilement disponible; sur les endroits nouvellement construits, les débris dégagés peuvent être facilement utilisés et appliqués à l'aide d'une lame de terrassement ou d'un simple travail manuel. Son principal inconvénient reste le risque d'incendie mais on ne l'a pas considéré comme grave en raison de son manque de combustibilité.

L'auteur conclut en disant que pour les collines Swan Hills, il y a deux saisons de l'année pendant lesquelles la couverture végétale s'établit le mieux : au printemps et en fin d'automne. Le traitement de printemps implique la restructuration du faciès afin d'améliorer le drainage et la préparation du champ de semis où la surface doit être hersée ou scarifiée si le sol est compact. Lorsque la planche de semis est prête, on applique la semence soit en plein soit par hydro-ensemencement à raison de 40 lb/acre avec 200 à 250 lb/acre d'engrais 16-20-0-14 qui est mélangé à la semence dans le sol. Une culture-abri d'orge est particulièrement recommandée pour les surfaces exposées et bien drainées. On procède alors à l'application du paillis broussailleux sur les pentes abruptes posant quelques petits problèmes où il est impossible ou peu pratique de semer une culture abri. La refertilisation est nécessaire le printemps suivant s'il existe une culture abri.

Pour le traitement tardif d'automne, la surface doit être laissée dans un état assez grossier de façon à améliorer son absorption de l'humidité et à réduire le ruissellement. Il n'est pas nécessaire de préparer le site ultérieurement pour l'ensemencement d'automne; il n'est pas nécessaire non plus de faire pénétrer la semence appliquée en fin d'automne dans le sol surtout si la surface est laissée dans un état assez grossier. Un mélange de quelques graminées et légumineuses devra toujours être utilisé en fonction des variations climatiques et édaphiques.

1. GOODMAN, G.T., C.E.R. PITCAIRN et R.P. GEMMELL

2. 1973

3. Ecological factors affecting growth on sites contaminated with heavy metals (Facteurs écologiques affectant la croissance sur les sites contaminés par des métaux lourds).

4. In : R.J. Jutnik and G. Davis (Éditeurs). Écologie et mise en valeur de terres perturbées. Travaux de l'institut d'étude de l'écologie et de la reconstitution de la flore sur les terrains fortement perturbés (O.T.A.N.), Université de l'état de Pennsylvanie, University Park, Pennsylvanie, 3-16 Août 1969. Volume 2 p. 149-173.

5. Original

6. a. Pays de Galles, forêt britannique

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; morts-terrains, résidus miniers

7. Le présent article traite des différentes tentatives de reconstitution de la flore sur des résidus et des haldes abandonnées de cuivre, de zinc, de plomb et de fer dans la vallée Swansea Valley, une des plus importantes de rejets industriels dans le Royaume-Uni. Les auteurs ont souligné que les prairies agricolement productives de graminées ne constituent pas en elles mêmes un objectif de mise en valeur de la flore dans ces régions, dans la mesure où les graminées produites risquent d'être toxiques pour le bétail. Toutefois, on peut tendre à établir ainsi des prairies visuellement agréables à l'aide des méthodes décrites par les auteurs.

Des expériences ont été faites pour évaluer la probabilitié de réussite à court et à long terme de ces prairies bien qu'il soit très difficile de se procurer en quantité suffisamment importante des graines résistantes aux métaux lourds, celles-ci ont l'avantage de se contenter d'un sol moins préparé et d'être plus productives et persistantes que les variétés commerciales de graminées (non résistantes), surtout sur les résidus miniers les moins toxiques. Malgré cela, on doit bien admettre que même les variétés de graminées très résistantes n'ont que peu de valeur pour les sites très toxiques si l'on n'ajoute pas de fumure organique.

Il est évident que les clones métallo-tolérants se développent mieux que les variétés commerciales (non tolérantes) soumises aux mêmes conditions. Les auteurs considèrent aussi que les applications en surface de matières organiques peu coûteuses (boues d'eaux noires ou ordures ménagères) permettent l'établissement de prairies acceptables pendant cinq ou six

ans mais qu'un effet de régression apparaît si l'on applique pas avant une nouvelle couverture organique. Le coût d'une telle opération répétée tous les trois ou quatre ans doit être comparé et mis en opposition au coût d'un programme de multiplication de semences susceptible de produire assez de graines résistantes pour ensemencer un amas détritique minier non amendé mais fertilisé.

Un programme de multiplication de semences est rendu plus difficile du fait que les souches non résistantes poussent souvent mieux que les souches résistantes sur des sols normaux et inversement sur des amas détritiques miniers. Cela signifie que lorsque l'on veut procéder à une multiplication sur une pépinière ordinaire, on fera naître une lignée génétique non résistante. Par conséquent, le programme doit être conduit sur un site détritique toxique suffisamment vaste. En tenant compte de cette comparaison des coûts, il est probablement plus intéressant d'utiliser la méthode de fumure avec ses préparations de matières organiques et d'ensemencer avec des variétés commerciales, si la superficie de sols contaminés par des métaux à remettre en valeur est réduite et très toxique.

1. GRELLER, A.M.

2. 1974

3. Vegetation of road cut slopes in the tundra of Rocky Mountain National Park, Colorado (La végétation sur les tranchées routières dans la toundra alpine du Parc National des Montagnes Rocheuses, Colorado).

4. Biological conservation 6 : 84-93

5. Original

6. a. Colorado; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; routes

7. Les versants des tranchées des routes Trail Ridge Road et Fall River Road dans la toundra alpine du parc national des Montagnes Rocheuses au Colorado ont fait l'objet d'une étude portant sur les communautés végétales pionnières. La végétation de toundra s'implante difficilement sur les pentes abruptes, instables et à texture grossière résultant du creusement de tranchées et de l'excavation de remblais routiers. Quarante ou cinquante ans après la perturbation, la succession des communautés végétales est réduite sur ces déclivités. Le taux de couverture végétale vivante est d'environ la moitié de celui des stations naturelles à plantes pulviniformes.

Les analyses réalisées sur huit sites d'étude ont montré que les versants et les zones orientés au nord recevant une couverture tardive de neige sont dominés par *Poa fendleriana*. Les versants orientés au sud sont dominés par *Agropyron scribneri*. Selon leur orientation au nord ou au sud, les versants portent des associations végétales distinctes; cette situation est vraisemblablement due à la différence de l'humidité.

La stabilisation, l'humidité accrue des sols et la présence de matière organique facilite la colonisation végétale des sites dénudés. Une station perturbée plate avec des sols riches en humus humide était dominée par des plantes pulviniformes ainsi que quelques graminoïdes et avait une plus grande couverture végétale constituée de plusieurs classes végétales.

Les données provenant de cette étude indiquent que la végétation des bordures des routes doit attendre 50 ans ou plus avant de ressembler à la couverture végétale des stations naturelles clairsemées. L'invasion par des lichens de rocaille et de terre peut prendre encore plus longtemps.

Greller, A.M., 1974

L'*Agropyron scribneri*, la *Poa fendleriana*, le *Trisetum spicatum* et la *Poa glauca* sont les principales espèces pionnières efficaces pour la stabilisation du sol qui les entoure immédiatement. Lorsque plusieurs touffes ont stabilisé un secteur, les plantes pulviniformes et les herbes ainsi que d'autres types végétaux envahissent le site. Il semble qu'il y ait peu de concurrence entre ces herbes à mottes au contraire des plantes pulviniformes du type *Arenaria* spp, *Trifolium* spp, *Silene acaulis* et d'autres.

1. GRIGGS, R.F.

2. 1956

3. Competition and succession on a Rocky Mountain fellfield (Concurrence et succession végétales en étage alpin dans les Montagnes Rocheuses).

4. Ecology 37 : 8-20

5. Original

6. a. Colorado; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; routes

7. On trouve ici la description d'une série primaire importante pour des communautés végétales en étapge alpin dans le Parc des Montagnes Rocheuses au Colorado. Toutes les espèces caractéristiques de l'étage alpin sont des espèces pionnières capables de coloniser les terrains nus. Les plantes pulviniformes, avec leurs racines pivotantes caractéristiques, longues à forme arrondie, plates et denses, sont envahies par des jeunes plants d'autres plantes de la toundra. On a aussi remarqué que la plante pulviniforme, *Silene acaulis*, accueillie 33 espèces; l'*Arenaria obtusiloba* en accueille 22, la *Paranychia pulvinata* en accueille 10, *le Trifolium nanum* 21 et le *Triflium dasyphyllum 7*. De plus, on a constaté l'existence de 93 paires envahisseurs-hôtes et la liste n'est pas complète.

Le sens de l'invasion est, virtuellement, toujours le même : on n'a, sauf dans de rares cas, pas vu d'espèces envahissantes être à leur tour envahies par leur hôte. L'auteur propose une sorte d'échelle de la concurrence pour les espèces considérées et s'interroge s'il existe un modèle similaire d'invasion et de succession dans d'autres régions arctiques alpines. Le *Silene acaulis*, par exemple, se rencontre dans presque tous les habitats arctiques et alpins entre les Montagnes Rocheuses et l'île Ellesmere au nord. Plusieurs auteurs ont signalé la présence de *Silene acaulis* accueillant des espèces étrangères en divers endroits voisins du cercle polaire.

1. GULLEN, K.W.

2. 1976

3. Revegetation of tailings areas at vacated mines near Carcross, Yukon Territory (Reconstitution de la flore sur des zones de résidus miniers autour de mines abandonnées proches de Carcross, territoire du Yukon).

4. In : Compte rendu annuel 1975-1976, institut boréal pour les études nordiques, Université de l'Alberta, Edmonton, 18 p.

5. Résumé de l'auteur

6. a. Yukon; Yukon méridional

   b. Yukon méridional; résidus miniers

7. Il s'agissait par ce projet de recherche, de déterminer les types de végétation compatibles avec les conditions nordiques de l'environnement et les caractéristiques uniques du sol sur les résidus miniers et de mettre au point des techniques de traitement du sol pour obtenir une croissance maximum sur ce type édaphique particulier.

Les orientations de la recherche furent les suivantes : (1) analyse du matériel édaphique des résidus miniers pour connaître leur texture et leur capacité agricole; (2) établissement d'une station météorologique pour effectuer des observations climatiques sur le site; (3) établissement de parcelles expérimentales, chacune recevant un traitement spécifique ainsi qu'une combinaison de semences préfertilisées; (5) surveillance et contrôle de la croissance; (6) replantation des parcelles lorsque la croissance était empêchée.

Les recherches sur le terrain furent réalisées sur deux haldes de résidus miniers provenant de deux mines abandonnées à proximité de Carcross, territoire du Yukon : la mine Arctic Gold and Silver et la mine Vénus.

Le pH très faible et la forte concentration d'aluminium dans les haldes de la mine Arctique ont empêché toute croissance. Il est nécessaire de procéder à une étude complémentaire pour déterminer une méthode éventuelle de reconstitution de la flore dans de telles conditions.

Les travaux de recherche sur le terrain de la mine Vénus ont montré qu'il est économiquement possible de procéder à la reconstitution complète de la végétation en appliquant un mélange de graines à raison de 100 lb/acre au moins, composé de chiendent tenu, de fétuque rouge rampante, de brome

Gullen, K.W., 1976

inerme, de fléole climax et de lotier inoculé. La croissance végétale maximum devrait être obtenue en procédant à une application de 100 lb/acre d'azote, de 300 lb/acre de phosphore et de 100 lb/acre de potassium.

1. HARRISON, J.E.

2. 1973

3. Environmental Geology - Mountain coal mining, Alberta and British Columbia.

4. Geological Survey of Canada, Ottawa. Document 73 - A : 184

5. Original, avec des portions du résumé de l'auteur

6. a. Alberta, Colombie-Britannique; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine du sud-ouest du Mackenzie, sud du Yukon; morts-terrains

7. Les analyses préliminaires sur les facteurs géologiques, géomorphologiques et hydrogéologiques influant sur l'exploration, l'exploitation et la régénération relativement aux ressources en charbon du secteur du col Crowsnest et de la vallée Elk, en Alberta et en Colombie-Britannique, portaient sur 13 emplacements de mines à ciel ouvert et sur un nombre plus important de carrières et de terrils de débris rocheux.

a) La reconstitution de la flore est rare sur les pentes dépassant 30 degrés et la probabilité pour ces pentes de se régénérer sans que l'on en modifie l'inclinaison est entravée par la reptation descendante des matériaux de surface.

(b) Bien qu'elle soit suffisamment rapide pour empêcher la reconstitution de la flore, cette reptation descendante ne déplace cependant pas un volume suffisant de matériaux pour modifier l'inclinaison de la pente sur une période acceptable (moins de 50 ans). La reptation tend en effet à raccourcir les segments de pente raide plutôt qu'à réduire l'angle des pentes.

(c) L'infiltration qui se produit dans le cas de la plupart des déblais est suffisamment importante pour permettre un ruissellement donnant lieu à des ruisselets et des ravins. Il y a cependant exception lorsque les endroits d'accumulation des produits du drainage se situent en amont des déblais. Le processus de modification de l'inclinaison de la pente par l'eau de ruissellement est donc peu important.

(d) Les changements d'ordres minéralogique et chimique qui surviennent à la surface minimaux, bien que le bris des rocs de types mous puisse être rapide dans certains cas.

Harrison, J.E., 1973

(e) La plupart des éboulements observés sont directement liés à la présence de liquide, habituellement de l'eau qui s'est accumulée en haut de la pente pour former une mare.

(f) Des données limitées suggèrent que les éboulements observés dans le cas des terrils de déblais sont précédés par un stade de reptation accélérée permettant de prévoir la possibilité de tels mouvements. L'étude du mécanisme exact de ces éboulements se poursuit.

1. HARRISON, J.E.

2. 1974

3. Some basic data with respect to coal mine waste reclamation (Quelques données fondamentales sur la mise en valeur des amoncellements détritiques de mines de charbon).

4. In : D. Hocking et .W.R MacDonald, Éditeurs, comptes rendus d'un groupe de travail sur les terres perturbées en Alberta, centre de recherche sur la forêt nordique, rapport d'information NOR-X-116, p. 30-36

5. Original

6. a. Alberta, Colombie-Britannique, Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine, sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes.

7. Dans le cadre du projet d'étude de la géologie de l'environnement, des exploitations minières en montagne (Environmental Geology - Mountain Coal Mining Project) portant sur treize sites miniers de surface situés dans la région "Col Crows Nest - vallée de l,Elk" en Alberta et en Colombie-Britannique, les objectifs étaient les suivants : 1) mettre au point une technique de cartographie tenant compte de la distribution et des caractéristiques mécaniques des sols de surface; 2) mettre au point et réaliser des essais pour déterminer la nature des résidus houillers; et 3) rechercher les processus naturels actifs propres aux résidus houillers ainsi que la relation existant entre ces processus et la mise en valeur des sols.

On utilisera alors un sytème souple de légendes cartographiques pour montrer les divisions traditionnelles géologiques (alluviales, lacustres, dépôts morainiques etc.) ainsi que la texture de ces terrains. Les principaux secteurs cartographiés furent décrits en fonction de leurs propriétés mécaniques et classés selon leur utilisation (fournisseurs de matériaux, zones de construction, réseaux routiers et ferrés, résistance à l'érosion). Sur le terrain, on déterminera les propriétés physiques du sol, température, densité apparente, teneur en eau, taux d'infiltration, texture, composition pétrographique.

On a remarqué que les terrils de charbon peuvent devenir extrêmement chauds sur les pentes orientées au sud et au sud-ouest. On a ainsi enregistré des températures de 164°F (73.3°C) sur des pentes de 26° orientées au sud ainsi qu'une différence de 50°F (10°C) entre les températures maximales enregistrées sur des bandes de 26° orientées au nord et au sud. On a

Harrison, J.E., 1974

remarqué que la nature et l'aspect du matériau de surface constituent les principaux facteurs influant sur la température. L'inclinaison de la pente est moins importante tandis que l'altitude ne semble pas avoir d'effet notable.

La densité apparent semble être influencée par deux facteurs : le matériau en lui-même et la compacité. Lorsque la densité apparente et la compacité augmentent, la capacité d'infiltration et la perméalibilité à l'eau diminuent. Lors d'opérations de mise en valeur, les racines des plantes pénètrent difficilement dans l'épaisseur des terrains compacts. On a constaté que les roches de fond, les agrégats erratiques et les résidus charbonneux d'une plate-forme détritique ont des densités apparentes oscillant entre 100 et 115 lb/pied^3 (45 et 52 kg/.03 m^3), tandis que la densité des dépôts boueux d'un bassin d'accumulation de résidus varie entre 45 et 55 lb/pied^3.

Les mesures de teneur d'eau ont montré que les stériles de charbon ont une forte capacité de retenue d'eau atteignant 10% entre 4 et 6 pces de profondeur et 16% à niveau comparable dans les terrils fins de charbon. Toutefois, cette eau est rarement disponible dans la mesure où le niveau de la surface de nappe libre est profond et que le mouvement capillaire dans les stériles dépasse rarement deux pieds.

Les capacités d'infiltration des bassins d'accumulation et des stériles grossiers dépassent les hauteurs de précipitation de la plupart des orages d'été tandis que celles des voies compactées autour des puits et celles des stériles fins provenant des roches altérées de surface n'absorbent pas les pluies ce qui provoquent le ruissellement et la formation de ravines.

Les résidus provenant des stations de débourbage contiennent en moyenne 74% de particules de charbon ou de schistes charbonneux et de scories. Les stériles de roches détritiques sont plus variables et contiennent en moyenne 5% de terres erratiques ou de roches altérées, 55% de schistes et de schistes charbonneux et 40% de roches psammitiques. Dans le cadre des opérations de mise en valeur, le grès a posé le problème le plus difficile en raison de sa texture et de sa résistance lorsqu'il est en surface.

Plusieurs phénomènes actifs naturels ont été étudiés dans le cadre de cette étude : les éboulements de roches détritiques et le mouvement de surface vers le bas de la pente en sont les deux plus importants. Le mouvement de surface sur les pentes de stériles sont fonction de l'angle de la pente et du matériau. La rupture d'un terril par éboulement est un problème important pendant et immédiatement après sa constitution. Tant que les résidus d'extraction ne sont pas stabilisés, l'angle de frottement interne doit être aussi voisin que possible de l'angle

Harrison, J.E., 1974

de repos qui est de 37%. L'angle biologique de repos est l'angle de la pente sur laquelle les plantes peuvent s'installer : cette valeur est fonction des conditions rencontrées. D'après les observations faites sur les terrils du col Crownest, cet angle se situerait entre 25^{o} et 30^{o}; soit 7^{o} à 12^{o} de moins que l'angle physique de repos. Le mouvement de surface des particules libres sur des pentes plus fortes que l'angle biologique de repos était suffisant pour annihiler tout effort de reconstitution de la flore. Sur les terrils de charbon contenant du sable et des galets, l'importance de ce mouvement varie entre 30 g/jour/m sur une pente de 28^{o} et 160 g/jour/m pour une pente de 35^{o}. Des chiffres plus grands encore ont été enregistrés sur une pente de 37^{o} avec 1 600 g/jour/m. De tels mouvements sont apparus comme irréguliers et assez rares et furent mesurés par le nombre de grammes de matériau parcourant une ligne imaginaire de 1 m de long pendant une journée de 24 heures.

En fonction de ces résultats, 3 recommandations ont pu être formulées :

1. Les pentes des terrils et des amoncellements détritiques devraient être réduites à l'angle biologique de repos lorsque l'on veut y rétablir de la végétation. La manière la plus économique d'y parvenir est d'entasser le matériau pendant la période d'exploitation de telle manière que l'opération de reconstitution de la flore en soit facilitée. Le système d'entassement par niveau successif pourrait être adopté, ainsi, sur de nombreuses mines;

2. Les pentes et les versants orientés au sud devraient être plantés de graminées et de plantes abri annuelles au début du printemps; 3 espèces ne devraient être introduites avant l'établissement correct de la couverture végétale;

3. Toutes les parties situées au-dessus des terrils et en particulier les routes compactées et les plates-formes de terrils devraient être équipées de système de drainage qui permettent d'éloigner l'eau des terrils.

1. HARRISON, J.E.

2. 1977

3. Summer soil temperature as a factor in revegetation of coal mine waste (La température estivale des sols : un facteur important dans les opérations de reconstitution de la flore sur des terrils miniers).

4. Enquête géologique du Canada, Ottawa. Article 77 - 1A : 329-332

5. Original

6. a. Alberta, Colombie-Britannique; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine, sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional, morts-terrains, résidus miniers.

7. Les hautes températures du sol en été sont un facteur important lors de la restauration de la flore. On a pu vérifier cela dans le col Crowsnest en Alberta et en Colombie-Britannique pendant les recherches de réhabilitation des terrils détritiques miniers.

Les plus fortes températures de surface apparaissent sur les poussiers à texture fine et à haute teneur en carbone produits par les stations de débourbage.

Des expériences réalisées pour évaluer les variations de température avec le temps en fonction des variations de pentes, de faciès d'altitude et de profondeur, ont montré que l'eau du sol s'infiltre rapidement et que la remontée capillaire à partir de la surface de la nappe libre ne rapporte aucune eau dans la couche supérieure de 90 cm. Dès que la couche de surface a séché sur à peine quelques centimètres, il ne reste alors plus suffisamment d'eau en surface pour réduire l'élévation de la température. Les plantes à racines profondes pivotantes ou en gaule peuvent trouver assez d'eau en profondeur et leurs feuilles restent à des températures en-dessous des doses létales mais les tiges extérieures sont fortement atteintes par les hautes températures du sol.

La conductibilité thermique de ces terrils est telle que la surface tout en restant très chaude ne laisse pas passer beaucoup d'énergie qui élèverait la température en profondeur. La couleur noire du matériau implique que peu d'énergie est réfléchie et que l'énergie absorbée élève une très fine couche de la surface à des températures inhabituellement élevées.

Les opérations de reconstitution de la flore sur de tels terrains peuvent être réalisées uniquement à partir d'une méthode qui protège les plantes

Harrison, J.E., 1977

et réduit la température. Pour ce faire, il faut : 1) conserver l'humidité de la surface, 2) changer la couleur de la surface à l'aide d'un paillis, ou 3) faire s'établir rapidement une couverture végétale de buissons ou de graminées avant la mi-été. Les arbres et les arbustes peuvent être protégés en : 1) plaçant de la bourre de papier ou des feuilles d'aluminium autour de leur base; 2) plantant les arbres et les arbustes sur des zones où les troncs seront ombragés au milieu du jour; ou 3) utilisant des cultures-abri de graminées ou d'arbrisseaux pour fournir de l'ombre sur le sol environnant. D'autres techniques moins pratiques peuvent comprendre l'augmentation de la densité du sol par compactage ou l'addition de matériaux non carbonés et l'apport d'une ombre artificielle à l'aide d'un quadrillage de retenue de neige ou d'une natte de jute.

La méthode la moins dispendieuse et la plus pratique consiste à laisser une surface avec des monticules ou de créer des micro reliefs sur les terrains plats et de planter des graminées à croissance rapide pouvant s'établir avant la moitié de l'été. On ne plantera l'arbuste et les arbres sur les versants orientés au nord des monticules ou des dépressions qu'une fois les graminées bien établies.

1. HAWK, A.

2. 1973

3. Maintenance of revegetative grass seedings (Entretien des semis de graminées pour la reconstitution de la végétation).

4. In : Notes d'un groupe de travail pour la reconstitution de la flore en Alaska, 1973, Service de développement de la coopération, Université d'Alaska. p. 41-44

5. Originaux

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska, taïga centrale de l'Alaksa

   b. Région alpine, Yukon méridional, Yukon septentrional; routes

7. On ne peut, sans augmenter considérablement les risques d'échecs, éviter les opérations adéquates d'entretien lors de la reconstitution de la flore. Cette reconstitution est schématiquement de deux ordres : des stations herbeuses gazonnantes nécessitant des soins intensifs et de hautes doses d'engrais; ou des semis extensifs visant en premier lieu à la création d'une couverture végétale protectrice avec un minimum de soins. L'importance des coûts et la combinaison de conditions édaphiques défavorables (sécheresse, humidité, acidité, faible épaisseur de terre, présence de gros cailloux etc..) rendent la question de l'entretien critique dans les régions nordiques.

Sur quelque station que ce soit, la communauté végétale introduite sera, au fur et à mesure des années, envahie par des plantes autochtones et retournera éventuellement à la composition qu'elle avait au départ, ou presque, en fonction du site particulier où elle se trouve. Ce processus peut être empêché ou retardé par un aménagement spécifique. Le but final, en procédant à un ensemencement extensif, est de provoquer la réapparition de la couverture végétale originelle autosuffisante, virtuellement sans besoin d'entretien, et avec une protection maximum apportée par des plantes résistantes adaptées. Après 10, 20 ou 30 ans, seuls quelques rescapés des espèces introduites resteront sur une région qui aura été au début plantée artificiellement. La vitesse et la composition de la réversion peuvent être influencées par la fertilisation, le fauchage ou la pulvérisation mais il se peut aussi que des espèces comme l'épilobe, l'achillée, des graminées en touffes et des espèces ligneuses envahissent le terrain.

Habituellement, l'érosion est éolienne et hydrique. En Alaska, le problème survient lorsque les sols limoneux sont soumis à la solifluxion au moment de la débâcle de printemps. La remise en valeur de ses sites

Hawk, A., 1973

implique le rétablissement de la surface organique d'isolation. Une protection rapide apportée par de la végétation importante au départ permet d'augmenter la capacité de rétention d'humidité, de réduire l'effet du dégel brutal et apporte une source de fertilité à relargage lent.

Il est nécessaire de poursuivre les études de recherche pour mettre au point des moyens d'accélérer ce processus de réversion. Des doses plus fortes d'engrais et de nombreuses applications ont été tentées mais on n'a pas encore évalué les coûts et la valeur de telles méthodes en terme de temps pour aboutir à une réhabilitation complète de la végétation. Des mélanges 30-60-30 ou 60-60-60 d'engrais appliqués pendant deux ans de façon suivie sont typiquement nécessaires sur les sols froids de l'Alaska. La fertilisation est plus efficace lorsqu'elle est appliquée au début du printemps dès la fonte complète des neiges (surtout pour l'hydroensemencement ou les applications aériennes), ou dès que le sol a repris une certaine fermeté (pour les applications au sol).

L'entretien d'une station de graminées implique le contrôle des plantes ligneuses, l'aulne notamment et on a, alors, deux options possibles : soit le débroussaillage mécanique ou manuel, soit la pulvérisation d'herbicides. Les deux méthodes ont des inconvénients. Il reste cependant qu'une bonne station couverte de graminées bien entretenues peut être fortement concurrentielle.

1. HERNANDEZ, H.

2. 1972

3. Surficial disturbance and natural plant recolonization in the Mackenzie Delta region (Les perturbations de surface et la recolonisation végétale naturelle dans la région du delta du Mackenzie).

4. In : L.C. Bliss et R.W. Wein, Éditeurs, études botaniques des habitats naturels et modifiés par l'homme dans la région orientale du delta du Mackenzie et dans les îles arctiques, programme de recherche sur l'utilisation des terres arctiques, ministère des Affaires indiennes et du Nord, Ottawa. ALUR 71-72-14, p 143-174

5. Original

6. a. District de Mackenzie; toundra canadienne

   b. Région du delta du Mackenzie; routes

7. La présente étude a cherché à évaluer quantitativement les perturbations du sol de surface et de la végétation et la recolonisation végétale naturelle des lignes de prospection sismique et des routes hivernales d'âge connu sur des communautés de toundra et de toundra-forêt dans la péninsule Tuktoyaktuk.

Les graminées *Arctagrostis latifolia*, *Calamagrostis canadensis* et *Poa lanata* se sont montrées les meilleures communautés végétales sur les régions totalement perturbées, humides et sèches. Les espèces *Luzula confusa*, *Epilobium angustifolium* et *Senecio congestus* sont aussi communes dans les régions sèches et humides tandis que les espèces *Arctophila fulva* et *Carex aquatilis* se cantonnent dans les régions plus humides. Ceci fut particulièrement évident sur des lignes de prospection sismique datant de 1965 où le sol minéral avait été exposé à 100%.

Lorsque la couche de mousse n'est pas détruite, les communautés des régions humides et la végétation de landes sèches à buissons nains perturbées en hiver, renaissent des racines et des rhizomes non abimés. La réapparition de la flore de régions perturbées par des activités estivales tarde de longues années et commence par des espèces différentes de celles normalement rencontrées sur les zones adjacentes non perturbées. C'est ainsi par exemple que des espèces *Arctagrostis latifolia*, *Calamagrostis canadensis* et *Poa lanata* occupent moins de 1% de la couverture végétale normale des zones non perturbées.

Hernandez, H., 1972

A Tuktoyaktuk, d'anciens chemins tracés il y a 15 ou 20 ans par le passage de véhicules au travers de la toundra de bruyère et de buissons nains sont aujourd'hui constitués de profondes ornières avec un sol nu dans le fond et une végétation clairsemée d'*Arctagrostis latifolia* sur les bords.

La succession végétale des communautés sur des lignes de prospection sismique est constituée d'une communauté typique de saules, de mousse et d'une couverture d'*Arctostaphylos rubra*. Cette dernière espèce s'est multipliée à partir d'un stock racinaire sur une ligne sismique qui au départ était nue à 98% et le saule et l'aulne furent présents dès le 2e été. L'espèce *Rubus chamaeromus* a été celle qui a manifesté le retour le plus rapide sur une route d'hiver dans une région montagneuse où le sol minéral était exposé.

1. HERNANDEZ, H.

2. 1973

3. Revegetation studies - Norman Wells, Inuvik and Tuktoyaktuk, N.W.T. and Prudhoe Bay, Alaska (Étude de reconstitution de la flore - A Norman Wells, Inuvik et Tuktoyaktuk, T.N.-O. et Prudhoe Bay, Alaska).

4. In : L.C. Bliss, Éditeur, études botaniques des habitats naturels et modifiés par l'homme dans la vallée de Mackenzie, dans la région orientale du delta du Mackenzie et dans les îles arctiques, programme de recherche d'utilisation des terres arctiques, ministère des Affaires indiennes et du Nord, ALUR 72-73-14 et Commission d'étude de l'environnement des affaires sociales pour les pipelines du nord, rapport 73-44 du groupe pluridisciplinaire d'étude pour le développement de l'exploitation pétrolière dans le nord, p. 45-76.

5. Original

6. a. District de Mackenzie; taïga canadienne, toundra canadienne

   b. Centre de Mackenzie, région du delta du Mackenzie; routes

7. Le présent rapport est un compte rendu au mois d'août 1972 des essais de reconstitution de la flore commencés en 1970 et 1971 par Younkin à Inuvik et à Tuktoyaktuk et par Wein en 1971 à Norman Wells, Inuvik et dans la baie de Prudhoe. Il rend compte de quelques nouvelles expériences réalisées en 1972.

Voici résumées ci-après quelques-unes des conclusions et des recommandations fondamentales formulées par l'auteur :

1. Trois espèces se sont montrées les plus favorables pour les régions de toundra et sont à considérer parmi les meilleures pour la production d'une bonne couverture végétale dans les régions forestières au cours de la seconde année. Ces espèces sont (a) la fétuque rouge rampante Arctared, (b) la fétuque rouge rampante Boreal et (c) le pâturin des prés Nugget. Toutefois, d'autres chercheurs ont constaté qu'après quatre années, la fétuque Arctared est de loin la meilleure des espèces (couverture végétale de 90 à 95%) tandis que le pâturin des prés Nugget et la fétuque rouge Boreal commençaient à souffrir des hivers rigoureux.

2. Au fur et à mesure que l'on se dirige vers le sud dans la forêt boréale, la plupart des espèces s'établissent, survivent à l'hiver et poussent mieux aux cours de la seconde année. Ces espèces comprennent le vulpin agreste, le chiendent tenu et la fléole Engmo.

Hernandez, H., 1973

3. Les légumineuses, trèfle hybride Aurora et luzerne en faux, ont un succès limité sur les zones exposées à la chaleur, au sud d'Inuvik.

4. Plusieurs espèces n'ont pas donné de bons résultats après un ou deux ans dans la plupart des parcelles : le chiendent Greenleaf, le chiendent huppé Fairway, le chiendent des berges, le brome Polar, l'élyme Sawki, le dactyle pelotonné Kall et le lotier corniculé Leo à la fois sur les sols minéraux et organiques et l'alpiste roseau Imperial et Frontier.

5. Les graminées autochtones, le calamagrostide comprimé (*Calamogrostis canadensis*) et l'arctagrostide élevé (*Arctagrostic latifolia*), se sont établies plus lentement que les trois meilleures espèces sur les parcelles d'essai. Elles constituent cependant d'excellents colons naturels sur les zones perturbées dans la forêt et la toundra boréales nordiques.

6. Les zones les plus difficiles à recoloniser sont celles qui sont extrêmement sèches et celles qui sont constituées de gravier.

7. Le réensemencement n'empêche pas la fonte du sol gelé ni l'éventualité d'un affaissement des zones perturbées par la croissance végétale n'est pas assez rapide pour restaurer une couche organique au cours de la première année. Il permet toutefois de réduire l'érosion du sol. Les pentes des zones boisées peuvent être stabilisées par la plantation de boutures de saules et d'aulnes.

8. Le retour de la végétation, qu'il soit naturel ou procède d'un réensemencement, ne semble pas suffisant pour restaurer l'économie énergétique du sol dans les régions de toundra, et ce, au cours des trois premières années et probablement pas très longtemps après.

9. On ne connaît pas encore les résultats définitifs d'un établissement réussi de la végétation sur le comportement des animaux. Les oiseaux ont mangé les graines semées en plein tandis que les herbivores ont brouté les parcelles expérimentales établies. Si les zones ensemencées et fertilisées se révèlent d'un meilleur "goût" ou plus nutritives que la végétation autochtone et si les animaux choisissent eux-mêmes leurs aires de pâturage, ces activité de la part des animaux risquent de réduire considérablement l'efficacité d'un programme de reconstitution de la flore. Cette zone d'interactions végétation-animaux est probablement l'un des aspects les plus importants et les moins connus de la reconstitution de la flore.

10. La faible croissance et l'établissement des espèces expérimentées jusqu'ici sont comparables dans les régions humides. Cependant, dans un tel cas, la reprise de la croissance à partir de rhizomes et de racines non perturbées d'espèces autochtones est possible.

Hernandez, H., 1973

11. Les mélanges de semences proposés pour la toundra mésique sont les suivants :

	Poids de semence (lb/acre)	
	Mélange des meilleures espèces	Mélange divers
Fétuque rouge rampante arctared	13	10
Pâturin des prés Nugget	13	10
Arctagrostide élevée	8	8
Calamagrostide comprimée	8	8
Chiendent tenu	4	3 1/2
Alpiste roseau Frontier	4	3 1/2
Fléole Engmo	0	3 1/2
Vulpin agreste	0	3 1/2

Culture abri: Si l'on souhaite une croissance rapide, on pourra utiliser avantageusement de l'ivraie hivernale à raison de 10 lb/acre. L'alpiste roseau Frontier peut aussi être utilisé comme culture abri.

Engrais: La meilleure proportion d'engrais semble être 100 lb/acre d'azote de N élémentaire et 200 lb/acre de phosphore de P élémentaire. Un peu de K sera peut-être aussi intéressant, et dans un tel cas à raison de 40 à 100 lb/acre.

12. Dans le cas de perturbasions dans la forêt boréale, on pourra ne pas utiliser la culture abri céréalière annuelle à condition que des graminées vivaces tels que l'alpiste roseau Frontier, la fléole Engmo, le vulpin alpestre et le chiendent tenu, aient une croissance rapide au cours de la première année. On pourra probablement ne pas utiliser l'arctagrostide élevé sur la plupart des zones à l'exception de la forêt boréale nordique où le pergélisol est toujours présent; en effet, cette graminée est mieux adaptée dans les régions de toundra et les régions à sol froid. Le calamagrostide comprimé devrait être intéressant dans la forêt boréale. La fétuque rouge rampante boréale pourrait peut-être utilisée et remplacer l'arctagrostide dans de telles régions. Des légumineuses comme le trèfle hybride Aurora ou la luzerne Falcata, pourront se révéler avantageuses dans les régions les plus chaudes surtout si elles sont inoculées préalablement avec une bactérie appropriée améliorant la fixation de l'azote.

1. HERNANDEZ, H.

2. 1973

3. Natural plant recolonization of surficial disturbances. Tuktoyaktuk Peninsula region, Northwest Territories (Recolonisation végétale naturelle des perturbations superficielles, région de la péninsule de Tuktoyaktuk, Territoires du Nord-Ouest).

4. Canadian Journal of Botany 51 : 2177-2196

5. Original

6. a. District de Mackenzie; toundra canadienne

   b. Région du delta du Mackenzie; routes

7. Le phénomène de recolonisation végétale naturelle a été étudié en différents endroits sur des lignes de prospection sismique et sur des routes hivernales qui passaient à travers trois communautés différentes dans le delta du Mackenzie et dans quatre communautés de toundra dans la péninsule Tuktoyaktuk.

En ce qui concerne les lignes de prospection sismique en hiver, le retour de la végétation fut relativement rapide avec la plupart des couvertures arbustives de régénération nées de racines plutôt que de semis.

L'utilisation des routes hivernales de neige compactée et de glace a provoqué l'apparition de zones de mousse nue sur la partie médiane de la route. Le sol minéral fut très rarement mis à nu. Les routes hivernales passant au travers de régions montagneuses et intérieures ont provoqué la disparition de la plupart de la végétation de couverture mais l'économie énergétique du sol a été très peu affectée car la couche de tourbe est demeurée intacte. Là où le sol minéral fut exposé, le dégel de la surface a augmenté de 80 à 100%. Si la couche de tourbe demeure intacte, le dégel a augmenté de 30 à 50%.

L'Eriophorum vaginatum et le *Cares bigelowii* ont paru être stimulés par les perturbations qui ne les ont pas complètement éliminés. C'est ainsi que le *Carex bigelowii* a doublé sa présence et que l'*Eriophorum* a triplé sa présence sur les zones de perturbations par les lignes de prospection sismique sur l'île Richards. L'*Eriophorum* a aussi doublé sa production dans de telles circonstances. Ceci est dû à l'augmentation de l'épaisseur du sol affectée par le dégel après perturbation. Cette augmentation libère un plus grand volume de sol et, par conséquent, une plus grande quantité d'éléments nutritifs qui vont favoriser la floraison.

Hernandez, H., 1973

Dans les régions de perturbations plus importantes, comme sur les lignes sismiques d'été 1965 qui ont provoqué l'exposition du sol minéral, la couverture végétale totale était de 43% après 6 années. Les espèces se développant sur cette perturbation furent très différentes de celles existantes sur les zones non perturbées. Les espèces *Arctagrostis latifolia*, *Calagrostis canadensis*, *Poa arctica* et *Luzula confusa* se sont montrées les plantes pionnières les plus typiques et abondantes sur de telles perturbations dans les sites montagneux mésoïques. Dans les sites humides, l'*Arctophila fulva* et *Carex aquatilis* se sont montrées prédominantes car elles se développent par rhizomes.

1. HERNANDEZ, H.

2. 1973

3. Revegetation studies Norman Wells, Inuvik and Tuktoyaktuk, N.W.T. and Prudhoe Bay, Alaska: Application to the proposed pipeline route. (Étude de reconstitution de la flore à Norman Wells, Inuvik et Tuktoyaktuk, et à la baie de Prudhoe, Alaska : application concernant la route du projet de pipeline).

4. Conseils pour la protection de l'environnement, Winnipeg. Rapport partiel n° 3 concernant une évaluation de l'impact sur l'environnement d'une partie du gazoduc Mackenzie entre l'Alaska et l'Alberta, annexe 5, reconstitution de la flore. 127 p.

5. Original

6. a. District de Mackenzie; toundra canadienne, taïga canadienne

   b. Centre du Mackenzie, région du delta du Mackenzie, Sud-ouest du Mackenzie; routes.

7. Les parcelles expérimentales, sur les emplacements mentionnés dans le titre ont été établies en 1970, 1971 et 1972 afin de vérifier la possibilité de réétablissement de la couverture végétale sur les zones perturbées dans le nord. Les quatre sites représentent la forêt boréale nordique, la transition entre la forêt boréale et la toundra, la toundra montagneuse de bruyère et d'arbustes nains et la toundra côtière à Carex.

Trois espèces (la fétuque rouge Arctared, la fétuque rouge rampante Boreal et le pâturin des prés Nugget) se sont révélées les plus adaptées dans les régions de toundra et sont parmi les meilleures pour les régions boisées pour la production d'une excellente couverture végétale à partir de la 2e année. Cette conclusion va dans le même sens que celle de nombreuses autres études. Au fur et à mesure que l'on va plus au sud de la forêt boréale, de plus nombreuses espèces peuvent s'établir, survivre avec succès à l'hiver et bien se développer au cours de la 2e année. Ces espèces comprennent le vulpin agreste, le chiendent tenu et la fléole Engmo. Parmi les espèces de légumineuses mises à l'essai, le trèfle hybride Aurora, la luzerne Falcata et le lotier corniculé Leo ont bien réussi sur les sites et les endroits exposés de sols chauds, généralement situés au sud d'Inuvik. Ces plantes pourraient donc être avantageuses en raison de leur capacité de fixation de l'azote.

Hernandez, H., 1973

Parmi les 27 espèces mises à l'essai, les deux graminées autochtones, le Calamagrostide comprimé *(Calamagrostis canadensis)* et l'Arctagrostide élevé *(Arctagrostis latifolia)* sont des colons remarquables sur les sites perturbés de toundra et de forêt boréale nordique. Ils se sont montrés médiocres lors des essais d'ensemencement et se sont établis plus lentement que les premières espèces citées ci-dessus. L'Arctagrostide élevé est plus adapté à la toundra et aux sols froids de la forêt tandis que le Calamagrostide comprimé est plus adapté à la forêt boréale (Younkin 1973).

Des espèces comme le chiendent Greenleaf, le chiendent huppé Fairway, le chiendent Steambank, le brome Polar, l'Elyme Sawki, le dactyle pelotonné Kall et le lotier corniculé Leo ont été infructueux tant sur les sols organiques minéraux de même que l'alpiste roseau Imperial et Frontier sur les sols organiques.

L'établissement, la croissance et la floraison ont donné de meilleurs résultats sur les sols minéraux et furent plus faibles sur la couverture de tourbe sèche. Lorsque le sol minéral et la tourbe sont humides, ils sont dans une meilleure situation pour supporter la croissance végétale, le sol minéral restant supérieur à la tourbe. Le sol de gravier est le matériau de base le plus difficile pour la croissance végétale et a supporté peu, sinon pas du tout de plante. Ceci s'est montré particulièrement vrai lorsqu'on a pu comparer une couche de couverture de gravier au-dessus d'un gazoduc chaud où la première couverture ne portait pour ainsi dire pas de couverture végétale tandis que la dernière avait la meilleure couverture végétale et la croissance printanière la plus précoce.

Sur les banquettes basses d'environ 5 pieds de haut, de faibles taux d'ensemencement de 5 à 10 lb/acre utilisés au cours de cette étude ont en général donné une couverture végétale de 30 à 60% avec les meilleures espèces au cours de la seconde année. D'autres études ont signalé d'importants taux d'ensemencement qui ont donné des résultats de 75 à 95% de couverture végétale avec les meilleures espèces dans des endroits tels que la baie de Prudhoe et les rapides Sans Sault. Les meilleures époques d'ensemencement se situent soit au début du printemps soit en fin d'automne quand l'humidité du sol est disponible. L'absence d'humidité du sol pendant l'été provoque la réduction de l'établissement, de la couverture, de la hauteur et de la floraison de la plupart des espèces ensemencées à cette époque.

L'utilisation des engrais est une nécessité absolue pour permettre le bon établissement végétal. Parmi les huit différents traitements d'engrais expérimentés, ceux contenant le phosphore seul ou en combinaison ont apporté le meilleur résultat à la croissance et ceux contenant du phosphore plus de l'azote ont semble-t-il donné les meilleurs résultats généraux. Des taux de 100 lb/acre d'azote élémentaire et de 200 lb/acre de phosphore élémentaire conviennent le mieux pour promouvoir la croissance et les

Hernandez, H., 1973

applications de potassium à raison de 50 à 100 lb/acre sont assez utiles. Les effets de la fertilisation se sont révélés inutiles et vains au cours de la deuxième et troisième année dans la forêt boréale nordique et moins encore dans les régions de toundra.

Les espèces agronomiques ont produit des têtes florales avec des semences viables notamment lorsque les plantes avaient été préalablement fertilisées. Toutefois, les semences des espèces agronomiques n'ont pas réussi à s'établir ou à résister à l'hiver parmi les communautés de plantes autochtones non perturbées. L'auteur a remarqué que le réensemencement n'empêche pas la fonte du sol ni l'affaissement des zones perturbées. La croissance végétale au cours de la première année n'est pas suffisamment rapide pour le permettre bien qu'il puisse réduire l'érosion du sol. L'économie énergétique naturelle du sol d'une route d'hiver au travers d'une communauté montagneuse de toundra à arbustes et à bruyère n'a pu être restaurée pendant les trois premières années avec un réétablissement naturel de la végétation ou avec une couverture végétale ensemencée. Le réensemencement dans la forêt boréale peut être plus efficace car la production de litière y est plus importante que dans la toundra.

On ne connaît pas encore les effets de l'établissement réussi de la végétation sur les populations animales; on a remaqueé cependant que les oiseaux ont mangé les semences dispersées en plein et que divers animaux herbivores ont brouté certaines parcelles expérimentales établies. Le pâturage des zones réensemencées peut intervenir lorsque les zones ensemencées et fertilisées se montrent d'un meilleur goût que les zones adjacentes. L'auteur suggère que cet aspect est de la plus grande importance et qu'il est sans doute le moins connu de la reconstitution de la flore.

L'auteur énumère quelques points d'intérêt soit en raison du manque d'information le concernant, soit parce que des problèmes importants sont posés. Le premier point est que l'on ne connaît pas encore totalement la capacité de transfert des informations des petites parcelles expérimentales à de plus grandes régions. On suggère que ceci pourrait donner lieu à des expériences de réensemencement sur des zones telles que des sites de forage. Le deuxième point est qu'aucune étude de reconstitution de la flore n'a été réalisée dans la moitié sud de la route du pipeline en projet où il y a un meilleur climat et où la région est plus comparable aux régions méridionales. Les effets à long terme de réensemencement dans les régions nordiques ne sont pas connus non plus que la sensibilité, des espèces recommandées, aux maladies, sur le terrain. On connaît aussi très peu l'étendue et le modèle de recolonisation naturelle des zones ensemencées et fertilisées que celles-ci fussent semées ou non. On ne connaît pas très bien les effets des engrais sur les couches d'eau adjacentes. Si de grandes régions sont réensemencées pour obtenir une couverture de végétation relativement uniforme et dense, il existe le danger d'un "échec de culture" s'il se trouve des conditions défavorables à moins qu'on utilise un mélange de

Hernandez, H., 1973

semences comprenant des espèces autochtones. En dernier lieu, on ne connaît pas les effets finaux de l'établissement réussi de la végétation sur le comportement des animaux.

En s'appuyant sur les connaissances acquises au jour de la parution de l'ouvrage, l'auteur formule un certain nombre de recommandantions préliminaires concernant le réensemencement et la reconstitution de la flore :

1. La reconstitution de la flore sur les zones xériques est la plus difficile à réaliser que ce soit naturellement ou par ensemencement. La couverture végétale est naturellement lente sur les eskars de gravier et une fois déplacée, il est très difficile de l'y faire reprendre.

2. Il semble aussi que la reconstitution de la végétation sur les zones de toundra humide soit aussi difficile à rétablir dans la mesure où les espèces essayées jusqu'à maintenant ont eu un très failbe coefficient d'établissement. Une des possibilités est de laisser reprendre les plantes à partir des racines et des rhizomes des espèces autochtones. Si les conditions d'humidité de la zone sont maintenues après la perturbation, la couche organique de surface peut être remplacée à l'aide de blocs de gazon ou de mottes permettant le rétablissement de la croissance des racines et des rhizomes. Une telle technique a été aussi applicable sur les régions de Muskeg et de tourbe dans la forêt boréale.

3. Pour la stabilisation des pentes, il semble que la technique la plus prometteuse soit la transplantation de boutures de saules et d'aulnes plus un fort ensemencement de graminées associées à l'utilisation de paillis.

4. Dans les régions de toundra mézotique, l'établissement et la croissance végétale sont meilleurs sur les sols minéraux et sont moins bons sur une couverture de tourbe sèche. La mise en place d'une couche organique de surface n'est pas recommandée si un ensemencement doit suivre; si par contre, on ne prévoit pas de réensemencement, on pourra alors mettre en place une couche organique pour permettre la croissance et le développement à partir de racines et de rhizomes : cette technique réussit le mieux sur les zones plus humides. Deux mélanges différents de semences, différents tout d'abord par leur nature sont proposés pour les régions montagneuses de bruyères et d'arbustes nains dans le delta oriental du Mackenzie et probablement aussi pour les régions de toundra à touffes de linaigrette situées le long de la côte arctique ainsi que pour les régions alpines. La différence primordiale et, pour ainsi dire unique, entre les deux espèces est qu'une d'entre elles contient deux espèces supplémentaires (la fléole Engmo et le vulpin agreste) qui apportent une plus grande diversité.

Hernandez, H., 1973

	Poids de semence (lb/acre)	
	Mélange des meilleurs espèces	Mélange divers
Fétuque rouge rampante Arctared	13	10
Pâturin des prés Nugget	13	10
Arctagrostide élevé	8	8
Calamagrostide comprimé	8	8
Chiendent tenu	4	3 1/2
Alpiste roseau Frontier	4	3 1/2
Fléole Engmo	0	3 1/2
Vulpin agreste	0	3 1/2

Si l'on désire obtenir une croissance rapide, il conviendra alors d'utiliser une culture abri d'orge divers à raison de 10 lb/acre. L'alpiste roseau Frontier pourra aussi servir de culture abri. L'application d'engrais pourra être d'environ 100 lb/acre d'azote et de 200 lb/acre de phosphore avec éventuellement 50 à 100 lb/acre de potassium.

Les recommandations concernant la forêt boréale nordique tiennent plus lieu de suggestions que de directives jusqu'à ce que de nouvelles informations soient disponibles à partir d'études réalisées dans cette zone. On trouve les suggestions suivantes :

1. La culture abri d'une céréale annuelle pourra être omise si les graminées vivaces telles que alpiste roseau Frontier, fléole Engmo, vulpin agreste et chiendent tenu doivent pousser rapidement au cours de la première année.

2. On peut utiliser le calamagrostide dans la forêt boréale. On pourra ne pas utiliser l'arctagrostide élevé pour toutes ces régions à l'exception de la forêt boréale nordique dans la mesure où cette espèce convient mieux à la toundra et aux zones à sols froids.

3. La fétuque rouge rampante boréale pourra éventuellement remplacer la fétuque rouge rampante Arctared dans les régions boréales.

4. Des légumineuses (trèfle hybride Aurora et luzerne Falcata) peuvent être avantageuses dans les régions plus chaudes, surtout si elles sont inoculées avec une bactérie appropriée favorisant la fixation de l'azote.

1. HERNANDEZ, H.

2. 1974

3. Possible effects on vegetation of the proposed gas pipeline from Prudhoe Bay, Alaska, and the Mackenzie Delta, to Alberta (Répercussions possibles sur la végétation du gazoduc en projet entre la baie Prudhoe, Alaska, et le delta du Mackenzie, jusqu'en Alberta).

4. In : Évaluation de l'impact sur l'environnement de la partie du gazoduc du Mackenzie entre l'Alaska et l'Alberta, Volume IV, comptes rendus de recherche. Conseils pour la protection de l'environnement, Winnipeg. Chapitre 3, p. 37-68.

5. Original

6. a. District de Mackenzie, toundra canadienne, taiga canadienne

   b. Centre du Mackenzie, région du delta du Mackenzie; routes

7. Grâce aux études les plus récentes réalisées dans les régions de la forêt boréale nordique, de la toundra et de la forêt, de la toundra de bruyère et d'arbustes nains, et de zones de toundra côtière herbacée, traversées par la route du gazoduc en projet, on connaît aujourd'hui assez bien les graminées qui ont été mises au point de façon agronomique et qui conviennent le mieux. En outre, ces études ont donné lieu à un nombre considérable d'essais et d'expérimentations sur les espèces qui constituent des colons naturels des zones perturbées.

Parmi les espèces recommandées pour la reconstitution de la flore le long du gazoduc en projet, on remarque la fétuque rouge rampante Arctared et le pâturin des prés Nugget auxquels viennent s'ajouter des graminées autochtones telles que *Arctagrostis latifolia* (Arctagrostide polaire) et *Calamagrostis canadensis* (Calamagrostide comprimé). Ces espèces sont celles qui conviennent le mieux sur tous les terrains en général et en particulier, dans les régions de toundra. Dans les régions forestières, des espèces complémentaires prennent plus d'importance. On constate aussi que l'*Arctagrostis latifolia* diminue alors que le *Calamagrostis canadensis* y occupe plus de place. Il arrive même que la fétuque rouge rampante Boreal vienne à remplacer l'Arctared dans les régions boisées.

Le réensemencement pratiqué avec des espèces allochtones ne devrait pas donner de bons résultats pour l'invasion de communauté de forêt ou de toundra non perturbées à moins qu'elle ne puisse produire des semences viables. Toutefois, ces espèces introduites devraient se maintenir par elles-mêmes sur les sites nordiques perturbés si l'on se réfère aux informations fournies par Dorogostaiskaya pour l'U.R.S.S.

Hernandez, H., 1974

L'auteur prévoit que la reconstitution de la flore sur les régions de tourbe sera difficile surtout parce que l'établissement des plantes sur les sols organiques est plus lent que sur les sols minéraux et parce que les sols organiques disposent de quantités moindres d'éléments nutritifs et ont de plus basses températures. Il faut tenir compte aussi du fait que les surfaces de tourbe sèchent fortement lorsqu'elles sont perturbées et que la végétation a été détruite.

Comparée à la colonisation naturelle, l'avantage du réensemencement est que la source de semence est immédiatement disponible après la perturbation. Il semble que le principal avantage du réensemencement n'empêchera pas l'érosion sauf s'il est combiné avec des opérations de plantation de boutures qui permettra de réduire l'érosion dans le temps. La mise en place d'une couverture de surface de toundra peut, dans certains cas, s'avérer non réalisable ou inutile parce que le creusement en hiver ne permettra pas la production de blocs de gazon suffisamment importants. Le succès du réensemencement variera d'un site à l'autre mais on peut prévoir dès maintenant que la couverture végétale ne pourra être complète sur la plupart des sites perturbés dès la première année. Les tourbières, les amas détritiques, les pentes érodées, les bassins d'accumulation et bien d'autres régions n'auront qu'une très faible couverture végétale. Il est à prévoir que les animaux herbivores viendront brouter sur les zones à couverture végétale importante.

En résumé, l'auteur conclut que les variétés les plus prometteuses à semer sont aujourd'hui connues mais elles n'apporteront pas une couverture végétale totale immédiatement sur toutes les zones ensemencées.

1. KARLSSON, L.

2. 1973

3. Autecology of cliff ans scree plants in Sarek National Park, northern Sweden. (Autoécologie de la végétation sur escarpement et sur éboulis dans le Parc National Sarek, nord de la Suède).

4. Svenska växtgeografiska sällskapet, B.P. 559, S-751 22 Uppsala, Suède, Växtekologiska studier 4, 203 p.

5. Original

6. a. Suède; Chaîne finno-scandinave

   b. Région alpine; morts-terrains

7. La flore vasculaire sur les éboulis et sur les sites escarpés a été étudiée sur trois montagnes dans la partie orientale du parc national Sarek pendant les mois d'été de 1967 à 1972.

A la base des escarpements dans les zones subalpines, on rencontre habituellement une ceinture étroite de *Betula, Salix, Alnus, Populus et Sorbus*. Cette végétation ligneuses a besoin d'une alimentation constante d'humidité qu'elle obtient du ruissellement provenant de la façade escarpée. Au-dessous de cette ceinture étroite arbustive, on trouve habituellement une zone plus ouverte d'herbe ou de bruyère dominée par des graminées. L'auteur a fait une distinction entre les escarpements orientés au nord et au sud. Ces habitats situés à la base des escarpements sont un exemple des habitats apparaissant naturellement et pouvant avoir des similitudes physiques ou écologiques avec des portions de zones d'extraction minière et dans le cas présent, à la base des hautes façades d'amas détritiques.

Cette monographie est une description détaillée de l'écologie et des préférences d'occupation par les espèces végétales individuelles, classées en ordre, en partant de celles trouvées exclusivement dans des stations sèches à celles préférant les sites mézoïques, et à celles trouvées exclusivement dans les endroits humides. Nombreuses sont les plantes énumérées et même les espèces que l'on trouve aussi dans le nord du Canada.

1. HJELJORD, O.

2. 1971

3. Studier av revegetasjonsforløp i gamle traktorsport pa Svalbard. (Studies of re-vegetation in vehicle tracks in Svalbard) (Études de reconstitution de la végétation sur des voies de passage de véhicules dans le Svalbard).

4. Norsk Polarinstitutt Arbok 1971 : 31-42

5. Résumé de l'auteur

6. a. Svalbard

   b. Îles arctiques; routes

7. Cette étude a porté sur les variations de la végétation et sur l'érosion sur les voies de passage de véhicules dans le Svalbard. La reconstitution de la végétation s'est montrée particulièrement lente sur les sols secs. Des voies de passage de véhicules, vieilles de 50 ans tracées sur des landes de *Dryas* restent encore aujourd'hui sans croissance végétale de quelque importance. On pense que cela est dû principalement au recul du dégel et à l'augmentation de l'humidité du sol à l'intérieur des voies.

Ces voies de passage sur les zones humides ont par contre montré un regain par rapport à leur végétation originale, à condition que les traces de passage ne soient pas trop profondes. Les perturbations importantes subies par la toundra de mousse dans les vallées intérieures ont provoqué le remplacement de ces mousses par une communauté pionnière constituée de différentes espèces de graminées.

L'auteur pense par ailleurs que les voies de passage de véhicules tracées sur des sédiments d'argile marin sont plus susceptibles de provoquer une forte érosion que les voies tracées sur des amoncellements morainiques bien drainés.

1. HODDER, R.L.

2. 1970

3. Roadside dry-land planting research in Montana (Recherches sur la plantation végétale en bordure de routes en région sèche dans le Montana).

4. Highway Research Record 335 : 29-34

5. Original

6. a. Montana; Grasslands

   b. Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. Il s'agit de l'analyse de deux méthodes de plantation en région sèche d'espèces adaptables et qui font appel à des plants soit en tube soit en container enveloppés de plastique.

Les avantages des plants en tube de 2 pieds de long et de 2 1/2 de diamètre sont les suivants : (1) les racines sont ainsi placées en-dessous de la couche sèche supérieure de façon à constituer une unité non perturbée; (2) les tubes longs favorisent le développement des racines serrées mais très profondes; (3) cette méthode réduit l'état de choc au moment de la transplantation, la stagnation de croissance, la nécessité d'irrigation et l'entretien important. Ces plants en tube, faits de jute rigide extérieurement renforcés avec un filet en matière plastique de haute résistance, sont très efficaces pour retenir le sol pendant le transport et pendant de nombreux mois au cours du développement du système racinaire. Mais ils doivent aussi se désintégrer afin de permettre le développement total des racines. L'élagage du feuillage pendant le développement des racines rend le transport plus facile et réduit la charge de feuillage lorsque le système racinaire est limité et ne pourrait pas supporter une charge trop importante. Afin de favoriser l'acclimatation, il est nécessaire d'appliquer une période d'endurcissement pendant plusieurs semaines avant la plantation. Les plants en tube sont plantés à l'aide d'une vis de perforation du sol entraînée par un moteur à essence. Le sol doit être compacté autour de chaque tube afin d'assurer le contact avec le sol en introduisant à plusieurs reprises une bêche à plusieurs pouces de la plante.

Le deuxième système utilise des plants en bassin, entourés de plastique qui permettent de condenser l'humidité du sous-sol et de la récupérer autour de la plante en même temps qu'il empêche l'évapo-transpiration de l'humidité du sol. L'élagage du feuillage est aussi nécessaire dans ce deuxième cas. Lors d'implantations sur des pentes, il faut pratiquer une sortie d'évacuation sur la bordure en aval afin de permettre

Hodder, R.L., 1970

l'écoulement des précipitations et des sédiments qui peuvent venir submerger; le plant devrait au mieux être placé sur une partie surélevée à l'intérieur du container afin d'empêcher tout ramollissement par l'apport de sédiments. Les pierrailles disposés dans le fond du container permettent de retenir l'enveloppe dont les bordures extérieures sont soigneusement enfoncées dans le sol de façon à éviter toute perturbation de la part du vent. Une enveloppe en matière plastique noire devrait normalement durer plusieurs saisons et ne s'altère pas aussi rapidement. Mais il semble que le plastique transparent rassemble plus de condensation que le plastique noir. Plusieurs paramètres influent sur la quantité de condensation tels que la proximité et la quantité de la réserve d'humidité du sol, la texture et la couleur du sol, la dimension du récipient, la couleur de la matière plastique, les différences de température, les pertes au niveau de l'étanchéité du plastique et la distance de la couche de pierraille dans le fond du récipient.

1. HODDER, R.L.

2. 1973

3. Surface mined land reclamation research in eastern Montana (Recherche sur la remise en valeur des terres des mines de surface dans le Montana oriental).

4. In : Selected Papers and Remarks from the Research and Applied Technology Symposium on Mines-Land Reclamation, National Coal Association, Monroeville Penssylvania, p. 65-74.

5. Original

6. a. Montana; Grasslands

   b. Yukon méridional; morts-terrains

7. Les opérations de remise en valeur applicables au Montana sont divisées en cinq phases essentielles : (1) étude de pré-planification; (2) but, conception et plan de la remise en valeur; (3) plan de mise en oeuvre, calendrier, équipement mécanique et travaux de profilement; (4) travaux de surface, remise en état de la couverture de surface et opération de reconstitution de la flore; et (5) aménagement. Trois approches possibles sont utilisées : (1) sélection végétale en fonction de la tolérance à la sécheresse, à l'alcalinité et à la salinité; (2) ségrégation des stériles pour enfouir les matériaux problématiques et (3) remise en état du sol de surface pour couvrir les matériaux édaphiques indésirables.

Plusieurs nouveautés, dérivées des techniques d'agricultre en région sèche, ont montré quelques capacités intéressantes dont : (1) des pièges à condensation avec des bassins entourés de matière plastique où un seul et unique plan est centré sur un petit monticule; (2) une transplantation racinaire supplémentaire en utilisant deux jeunes plants jumelés provenant d'un arbrisseau à rhizomes dont un a sa cime élaguée laissant deux systèmes racinaires reliés à un seul plan non émondé; (3) la plantation de plants en tube qui sont des jeunes plants que l'on a fait pousser à l'intérieur de cylindre en papier cartonné double ou dans des tubes de 2 pieds de long et de 2 pouces 1/2 de diamètre enveloppé dans un filet en matière plastique renforcé.

Plusieur dispositifs de rétention d'eau sont mis à l'essai. Le sous-solage profond est un traitement de surface qui ameublit le sol compact à une profondeur de six à huit pouces créant ainsi une série de fentes parallèles dans la surface stérile, ce qui empêche le ruissellement de l'eau, augmente l'infiltration hydrique et constitue une planche de semis à motte idéale pour l'ensemencement en plein de mélange de semences

Hodder, R.L., 1973

autochtones. Le creusage à la gouge des stériles de surface crée des dépressions superficielles de 10 pces de profondeur, de 18 pces de section et de 25 pces de long, utilisables pour les pentes dégressives et pour les zones alluviales. Ce traitement est particulièrement efficace pour la conservation du ruissellement lors d'orages modérés et pour provoquer une fonte des neiges différentielle; cela permet aussi de créer une planche de semis avec des mottes qui est idéale pour l'ensemencement en plein. Le creusement de bassin avec une lame permet d'ouvrir de vastes dépressions de 3 pieds de profondeur et de 25 pieds de long situées sur une courbe de niveau à des intervalles d'environ 30 pieds. L'humidité captée dans ces bassins permet l'établissement d'une station ponctuelle de végétation. Un profil avec des puits à niveau permet aussi de capter l'humidité, de réduire l'érosion et d'aider l'établissement de la végétation.

1. HOLLAND, W.D., S. KOJIMA et G.M. COEN

2. 1974

3. Reclamation planting in Waterton Lakes National Park (Plantation de mise en valeur dans le parc national des lacs Waterton).

4. Service forestier canadien, centre de recherche sur la forêt canadienne, Edmonton, rapport catalogue NOR-972. 23 p.

5. Original

6. a. Alberta; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; morts-terrains, routes

7. Dans ce document, des recommandations sont faites pour la remise en valeur à l'état naturel de quatre sites dans le parc national des lacs Waterton. Tous ces sites ont été jugés récupérables et utilisables pour la constitution de parcs à condition de mettre en oeuvre des techniques agricoles adaptées. Ces auteurs recommandent que :

1. Il conviendrait de planter les espèces adaptées en grandes quantités dans les plantations appropriées.

2. Il faudra ajouter de la matière organique là où cela est possible et protéger la matière organique existante avec une couverture de paillis (une couche de tourbe sans mauvaise herbe disposée en bandes autour de chaque plant de manière à apporter une protection contre la concurrence des graminées);

3. Des engrais à base d'azote et de phosphore (16-20-0 ou 11-48-0) sont absolument nécessaires à raison de 100 à 200 lb/acre/an jusqu'à l'établissement d'une croissance satisfaisante;

4. Il est nécessaire de procéder à la scarification des routes et des zones de stationnement où le sol a été particulièrement tassé;

5. Il est nécessaire de procéder à l'élegage afin de réparer les dommages subis par les arbres existants et de réduire la surface couverte par les feuilles sur les lignées transplantées;

6. Une succession graduelle des hauteurs et une bonne conception des groupes de plantes permettra d'assister l'établissement de nouvelles plantations et d'éliminer les effets néfastes du vent. Les auteurs suggèrent ainsi des groupements de différentes espèces indigènes qui permettent d'avoir plusieurs hauteurs végétales allant du genévrier au

Holland, W.D., S. Kojima et G.M. Coen, 1974

Symphoricarpos occidentalis, au *Prunus*, au sapin de Douglas et à l'épinette blanche.

7. L'irrigation est presque obligatoire après la plantation et toute irrigation supplémentaire sera utile pendant la saison de croissance. L'irrigation de fin d'automne peut réduire les effets néfastes de l'hiver sur les nouvelles plantations.

Les auteurs ont souligné le fait que la densité de plantation est un phénomène important dans la mesure où le grand nombre des plants augmente la protection entre eux. Même à raison de 100 arbres/acre, il y a une distance de 20 pieds entre eux. Il faut prévoir une certaine marge de sécurité en fonction de la mortalité, des dommages et de l'entretien continu.

1. HOVLAND D.,

2. 1974

3. Revegetation of disturbed soils in Alaska (Reconstitution de la flore sur des sols perturbés en Alaska).

4. In : Répercussions de la présence de l'homme sur les environnements arctiques et subarctiques, Institut arctique d'Amérique du Nord, Montreal p 35-37.

5. Original

6. a. Alaska; taïga du centre de l'Alaska, toundra de l'Alaska

   b. Yukon méridional, Yukon septentrional, côte du Yukon; routes

7. Ce compte rendu des études actuelles sur la reconstitution de la flore en Alaska est centré sur les recherches de K. Van Cleve, de l'Institute of Arctif Biology et de W. Mitchell, de l'Institute of Agricultural Sciences, dépendant tous les deux de l'Université d'Alaska.

Un mélange d'espèces de graminées est nécessaire pour atteindre les objectifs fixés de croissance rapide, couverture totale du sol, de croissance abondante, d'apport de matières à la couche organique de substrats, de la survie à l'hiver et de la protection du sol. Les graminées ayant la réponse la plus favorable aux diverses conditions de perturbations édaphiques sont les suivantes : vulpin agreste *(Alopecurus pratensis)*, fétuque durette *(festuca ovina* var *duriuscula)*, la fétuque rouge *(festuca rubra)* et le pâturin des prés *(Poa pratensis)*. Certaines autres graminées sont favorables à certains sites déterminés : le brome *(bromus inermis* et *bromus pumpellianus)*, fléole *(phleum pratense)* et chiendent *(Agropyron* spp). Les résultats furent moins favorables en hautes altitudes et latitudes mais les observations qui ont été faites ont montré que l'Agrostide blanche (*Agrostis alba)* a des capacités d'implantation dans ces régions. Une protection rapide de la surface peut être obtenue grâce à des céréales telles que l'orage de printemps et d'hiver (*Secale cereale*).

Les doses optima et les taux d'application des éléments d'engrais ne sont pas encore fixées surtout en ce qui concerne l'aménagement de la fertilité du sol pour l'invasion par des plantes autochtones. A l'heure actuelle, on propose un programme d'engrais simple établi de la façon suivante : (1) au moment de l'ensemencement, appliquer 50 à 60 lb d'azote et 60 à 70 lb de phosphore par acre; (2) une deuxième application de 20 lb d'azote et de 30 lb de phosphore par acre est effectuée une année après l'ensemencement. Cet épandange d'engrais peut se faire à raison de 500 lb/acre de 8-32-16 et de 50 lb/acre de 34-0-0 au moment

Hovland, D., 1974

de l'ensemencement suivi par un épandage de 100 lb/acre de 8-32-16 au cours de l'année suivante.

La plupart des réactions des plantes diminuent fortement lorsqu'elles sont soumises à des conditions climatiques froides; les phénomènes les plus sensibles sont : la production des régulateurs de croissance, l'absorption ionique, la décomposition des éléments nutritifs essentiels et la décomposition microbienne des résidus végétaux. Au fur et à mesure que le temps s'écoule, les éléments nutritifs deviennent "fixés" dans les couches organiques des résidus végétaux. La suppression de cette couche organique altère profondément la fertilité du sol; c'est ainsi que l'application d'engrais devient absolument nécessaire pour établir la végétation sur de telles stations.

L'expérience faite en Alaska a permis de déterminer les différents exemples de dommages que peuvent subir les terrains, notamment les opérations réussies de reconstitution de la flore sur une route située au nord-ouest de Livengood où le matériau détritique, formé de matières organiques, de sols minéraux à texture fine et grossière et de glace, a pu recevoir une opération réussie de reconstitution de la flore. Des transplantations d'arbustes et d'arbres autochtones ont été utilisées en association avec des graminées ensemencées dans d'autres cas pour la reconstitution de la flore d'une voie travaillée avec un bulldozer.

1. JEFFREY, D.W., M. MAYBURY et D. LEVINGE

2. 1975

3. Ecological approach to mining waste revegetation (Approche écologique d'une opération de reconstitution de la flore sur des résidus miniers détritiques)

4. In : M.J. Jones, Éditeur, Minerals and the Environment, Institution of Mining and Metallurgy, London, p 371-385

5. Original

6. a. Irlande du Sud; forêt britannique

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains; résidus miniers.

7. Il est nécessaire de mettre au point des méthodes rationnelles de reconstitution économique et permanente de la flore sur tous les types de résidus miniers détritiques toxiques. Il existe déjà des méthodes tout à fait courantes pour l'opération de reconstitution de la flore sur des résidus miniers inertes; mais les résidus miniers contenant des métaux toxiques posent encore un problème pressant. Jusqu'à aujourd'hui, on a pu mettre en oeuvre deux méthodes fondamentales d'approche des résidus toxiques : (1) la technique de l'enfouissement des matériaux détritiques suivi de l'utilisation de techniques agricoles pour maintenir la couverture végétale (cf. Weston, 1973, où l'on trouvera des indications sur la façon dont cette méthode a été appliquée sur des haldes de plomb et de zinc de faible toxicité en Ontario); et (2) une méthode qui utilise des plants qui sont résistants aux métaux lourds (Bradshaw, 1952; Smith and Bradshaw, 1972). La première méthode est coûteuse à cause de l'utilisation d'un équipement mécanique lourd et n'est utilisable que sur des zones ponctuelles. Elle implique l'apport d'au moins 30 cm de sol, après quoi, la végétation est aménagée comme souhaité. La seconde méthode fait appel à des variétés résistantes, des graminées pour la plupart, qui ont un champ d'application très spécifique et montre rarement une résistance à plus d'un métal. Au cours des recherches de l'auteur sur les amoncellements détritiques toxiques en Irlande, plusieurs ayant des hauts niveaux toxiques avec plus de 4 métaux, ont été répérés.

L'objectif de la présente étude est de mettre au point un moyen économique pour établir une végétation permanente virtuellement auto-suffisante sur des haldes minérales et des terrils miniers. Ceci implique la création d'un écosystème et l'établissement de processus biologiques tels que la fixation de l'azote, la rotation des éléments minéraux par des organismes

de décomposition et le développement d'une microflore. Cela implique aussi que l'on détermine les effets de la toxicité sur le milieu.

Diverses étapes sont prévues. Au cours de la première, il s'agit d'évaluer ce qui est nécessaire pour déterminer un but écologique adapté en tenant compte de la région avoisinante. Au second niveau, des expériences de culture sur sable sont réalisées pour déterminer l'effet des sulfures de cuivre, de zinc et de plomb présents dans les résidus miniers sur la croissance végétale, et pour quantifier leur toxicité relative en fonction des légumineuses et des graminées. Des expériences spécifiques furent réalisées à partir de la *Festuca rubra* spp. *commuta* et du trèfle blanc qui constituent les exemples spécifiques de cet article. L'adjonction de 320 ppm de Cu a provoqué une réduction de 80 à 90% de la manière sèche pour les deux espèces. La même réduction de la croissance a été constatée avec 3 000 ppm de Pb et avec 4 000 ppm de Zn. Les stériles peuvent contenir ces trois métaux à des niveaux largement en excès de ces chiffres (le niveau du plomb peut être de 10 fois celui ci-dessus mentionné), ce qui accentue le besoin de réduire les propriétés toxiques de ces sels minéraux.

La réduction de la toxicité a pu être obtenue par l'adjonction d'un sol de surface (comme une couche d'isolation et pour diluer la concentration des métaux lourds). On procède actuellement à des expériences complémentaires pour vérifier l'effet bénéfique de la tourbe qui peut être utilisée de façon économique à grande échelle pour le reconditionnement des terrils miniers. Le phosphate peut aussi dans certains cas réduire la toxicité. Au cours d'une expérience, des concentrations accrues de galène ont pu être obtenues en augmentant l'apport de phosphate et ont permis une croissance normale de la *Festuca ovina*. On ne sait pas encore si l'interaction du phosphate intervient seulement sur le plomb ou s'il existe aussi un antagoniste avec le cuivre et le zinc.

Une des principales nécessités est la mise au point d'un régime nutritif minéral stable et convenable basé sur la sélection d'espèces, l'addition d'engrais et l'apport et l'inoculation microbienne du sol. L'azote pose le plus grand des problèmes surtout parce qu'elle est facilement perdue par lessivage. Les légumineuses sont, dans ce cas-là, une solution pratique et économique en raison de leur apport initial d'azote et de leur auto-suffisance à long terme. On poursuit actuellement des recherches pour trouver la composante du processus symbiotique de fixation de l'azote la plus sensible à l'environnement des métaux lourds; il s'agit de sélectionner le moyen de fixation maximum de l'azote des présence des métaux lourds.

Il est aussi urgent de parvenir à un équilibre entre les graminées et les légumineuses. Les graminées peuvent s'établir avec une fertilisation initiale NPK qui est par la suite maintenue au moyen de la fixation de

Jeffrey, D.W., M. Maybury et D. Levinge, 1975

l'azote, de la décomposition végétale et de la minéralisation. Cependant, les légumineuses sont sensibles aux engrais azotés et une étude a permis de remarquer l'inhibition progressive de la fixation d'azote avec l'augmentation des ions NO_3- (de 0 à 300 ppm).

On a remarqué l'absence de fungi dans les amoncellements détritiques non amendés et les groupements bactériens unitaires y sont peu nombreux, tant en nombre qu'en diversité, lorsqu'on les compare aux terres recouvertes de végétation naturelle. Dès l'adjonction d'un substrat de matière organique et dès l'apparition d'une couverture végétale sur les amoncellements détritiques, les fungi actifs ont été multipliées par 27 après trois mois d'hiver avec une augmentation correspondante pour les bactéries.

Les auteurs décrivent ici la mise en application expérimentale de ces idées sur une parcelle d'une exploitation minière de plomb et de zinc à ciel ouvert en Irlande. Un tableau synoptique illustre la suite des méthodes applicables selon un schéma de reconstitution de la flore basé sur l'écologie, commençant par la conception des méthodes d'entassement des résidus et allant jusqu'à la réalisation de plantations complémentaires après l'ensemencement de graminées.

1. JOHNSON, L. et K. VAN CLEVE

2. 1976

3. Revegetation in arctic and subarctic North America. A literature review (Reconstitution de la flore dans les régions arctiques et subarctiques d'Amérique du Nord. Compte rendu de la littérature).

4. Laboratoire militaire américain de mécanique et de recherche dans les régions froides, Hanover, New Hampshire. Rapport CRREL 76-15. 28 p

5. Original

6. a. Alaska, Yukon, district de Mackenzie, taïga méridionale de l'Alaska, taïga centrale de l'Alaska, toundra de l'Alaska, toundra canadienne, taïga canadienne.

7. Ce document passe en revue de façon détaillée et complète les différents aspects de reconstitution de la flore et les aspects biologiques de la recherche en restauration végétale, à partir de la littérature existante sur les régions arctiques et subarctique de l'Amérique du Nord. Les méthodes de reconstitution de la flore, les graminées et les légumineuses agronomiques, les espèces ligneuses introduites, les espèces autochtones et leur succession, les espèces autochtones herbacées, les espèces ligneuses autochtones et des recommandations de recherches ultérieures sont ici l'objet de l'étude.

Les conditions extrêmes rencontrées dans les régions arctiques et subarctiques telles que la courte saison de croissance de la présence d'un pergélisol constituent des conditions fondamentales de la reconstitution de la flore. La grande diversité physique des climats, des sols et des topographies au travers des régions arctiques et subarctiques signifie qu'une espèce ou une variété n'aura pas le même rendement dans toutes les conditions. C'est pourquoi le nombre des espèces réussissant bien pour la végétation décroît au fur et à mesure de la progression vers le nord. La plupart des recherches de reconstitution de la flore datent des six dernières années. C'est pourquoi on dispose aujourd'hui d'aussi peu d'informations à long terme.

Dans les opérations de reconstitution de la flore, on inclut le rétablissement de la couverture végétale sur des zones perturbées que ce soit par des éléments naturels ou par la main de l'homme. La succession des communautés végétales après une perturbation naturelle est considérée comme une reconstitution naturelle de la flore et c'est pourquoi on doit prêter plus d'attention aux espèces pionnières qui envahissent ces zones perturbées. Parmi les caractéristiques de sol qui peuvent être changées par l'apparition de perturbation on dénombre : l'humidité et la densité du sol, le niveau des éléments nutritifs, l'aération, la

Johnson, L. et K. Van Cleve, 1976

température, l'épaisseur atteinte par le dégel, le micro relief la couverture végétale de surface, la micro flore et d'autres caractéristiques végétatives. La forme de la suppression de la couche porteuse de semences et de la couche organique implique une déficience nutritive des sols minéraux.

Les auteurs soulignent le fait que le concept de restauration de la flore, opposé à la reconstitution de la flore, gagne de plus en plus d'audience. La restauration signifie le retour d'un site à un état physique comparable à celui qu'il portait avant l'apparition de la perturbation. La restauration de sites portée par un pergélisol devrait comprendre le rétablissement de la stabilité thermique et hydraulique. La restauration peut être un des buts de la reconstitution de la flore mais d'autres objectifs de cette reconstitution peuvent être le contrôle de l'érosion hydrique, la production fourrage pour les herbivores domestiques ou sauvages, la réduction minimum ou l'empêchement de la formation d'un thermokarst, ou l'amélioration esthétique. La prévention de la dégradation thermique à l'aide de la reconstitution de la flore n'est utilisable que dans les régions subarctiques où la nouvelle végétation a une croissance plus rapide. Il semble que la reconstitution de la flore ne soit pas capable d'empêcher la formation de thermokarst dans les régions arctiques où elle ne parvient à restaurer l'équilibre thermique qu'après de nombreuses années. Ce temps nécessaire pour la restauration et l'équilibre est beaucoup plus long dans les régions arctiques et subarctiques; en effet, la différence est de l'ordre de plusieurs centaines d'années, peut-être. La reconstitution de la flore peut accélérer la restauration en augmentant l'accumulation de matières organiques, en améliorant les cycles nutritifs et en rétablissant les fonctions biologiques.

Plusieurs facteurs doivent être pris en considération lors de la planification de travaux de reconstitution de la flore :

1. L'adaptation des conditions du site pour la germination et la survie des semis varie considérablement et détermine le niveau de difficultés de l'opération de reconstitution de la flore;

2. Les conditions climatiques deviennent de plus en plus dures au fur et à mesure que l'on passe des régions subarctiques aux régions basses arctiques et aux régions hautes arctiques;

3. Le type de substrat apparaissant après la perturbation du sol (sol organique, gravier, sol minéral ou sous-sol de surface mélangé) détermine les régimes d'humidité, d'aération et d'éléments nutritifs pour la croissance végétale. Une couche de surface organique, par exemple, peut préserver la stabilité thermique et contenir des éléments nutritifs mais si cette couche vient à sécher, l'humidité disparaît

et la couche organique risque d'altérer la germination des semences. Les banquettes de gravier ont une faible capacité de rétention de l'humidité et peuvent dans certains cas impliquer la pause d'un paillis ou d'autres moyens pour augmenter leur capacité de rétention de l'eau si l'on veut en faire une planche de semis;

4. L'existence d'un pergélisol continu dans les régions arctiques et discontinu dans la plupart des régions subarctiques empêche la pénétration de l'eau au-dessous de la couche active et maintient les températures froides du sol, ce qui réduit la croissance des racines et la mise à disposition des éléments nutritifs;

5. Les différences topographiques en altitude et en orientation, même faibles comme celles d'une banquette de pipeline, peuvent affecter considérablement les conditions du site pour la planification de l'opération de reconstitution de la flore;

6. La viabilité des semences et des stocks de racines dans le sol ainsi que la disponibilité de semences en provenance de régions voisines sont des conditions importantes pour la reconstitution naturelle de la flore. Plusieurs espèces arctiques et subarctiques dépendent de la reproduction végétative et des stocks de racines dans le sol pour leur propagation.

Les deux facteurs les plus importants de reconstitution de la flore sont le régime d'éléments nutritifs du sol et les besoins des plantes en éléments nutritifs. Dans la constitution du régime des éléments nutritifs, les deux aspects fondamentaux sont la quantité d'éléments nutritifs et le taux du cycle de retour de ces éléments, et ces deux facteurs mis ensemble déterminent la disponibilité d'éléments nutritifs pour les plantes. Le pergélisol immobilise les éléments nutritifs en-dessous de la couche active, réduit la quantité totale d'éléments nutritifs disponibles et réduit le taux d'altération des éléments minéraux. Le taux de décomposition de la matière organique et de remise à disposition des éléments nutritifs tels que l'azote sont aussi réduits par l'altération et la diminution des réactions chimiques et des réactions métaboliques microbiennes. Les perturbations qui suppriment, enfouissent ou mélangent le sol de surface avec le sous-sol peuvent par conséquent déplacer le capital d'éléments nutritifs du sol.

Les faibles températures semblent aussi inhiber la faculté d'absorption des éléments nutritifs par les plantes de même qu'elles affectent le métabolisme phosphorique de quelques espèces autochtones. La texture du sol est aussi un facteur important dans la mesure où les sols grossiers ne retiennent pas en surface les éléments nutritifs disponibles aussi bien que les sols à texture fine. Les zones de Muskeg subarctiques, supportées par le pergélisol, sont particulièrement pauvres en éléments nutritifs.

Les plantes arctiques ont connu plusieurs adaptations telles que la résistance au froid pendant la saison de croissance, la résistance au

froid pendant l'hiver, ont adapté leur forme de croissance pour combattre l'abrasion et la dessiccation dues à la neige, ont atteint un coefficient élevé du rapport de la biomasse souterraine et de la biomasse aérienne et se sont enfin bien adaptées au système de reproduction végétative par l'intermédiaire des racines et des rhizomes.

L'utilisation, dans des opérations de reconstitution de la flore, d'espèces autochtones plutôt que d'espèces introduites est aujourd'hui un sujet de controverses. Si l'on se réfère aux textes qui ont été consultés, les avantages des espèces autochtones sont les suivants : (1) les semences provenant d'espèces autochtones ont montré une très vaste variabilité génétique; (2) le danger de création d'une nouvelle espèce de "mauvaise herbe" est moindre que pour les espèces introduites; (3) la phénologie des espèces autochtones est adaptée aux emplacements; (4) les plantes autochtones sont adaptées aux conditions défavorables en éléments nutritifs; et (5) les plantes autochtones ont une grande résistance au froid.

Les désavantages des espèces autochtones sont : (1) croissance lente (deux espèces autochtones ont manifesté une croissance initiale plus lente que les trois meilleurs espèces agronomiques); (2) leur sensibilité aux maladies; (3) les espèces autochtones sont de faibles producteurs de semences; et (4) il y a une pénurie d'approvisionnement de semences sur le marché des espèces autochtones.

Les avantages des espèces introduite sont : (1) la grande facilité d'approvisionnement commercial en semences de la plupart des espèces, ce qui permet toujours un ensemencement immédiat sur de vastes contrées; (2) les espèces agronomiques ont une croissance initiale plus rapide que les espèces autochtones; (3) les évaluations en laboratoire et sur le terrain des espèces agronomiques ont fourni un grand nombre d'informations sur l'autoécologie et la réponse de ces espèces à la fertilisation; données assez rares pour les espèces autochtones; (4) la sélection botanique d'espèces introduites permet de sélectionner une caractéristique botanique adaptée à un site spécifique.

Les désavantages des espèces agronomiques sont : (1) leur adaptation aux conditions optimales en éléments nutritifs; (2) elles ont parfois besoin d'applications répétées d'engrais (la couverture végétale s'est trouvée réduite entre la 3^{e} et la 5^{e} année sur certaines plantations expérimentales); (3) la fertilisation peut augmenter la sensibilité de ces plantes à l'hiver et à la fonte des neiges (4) le taux de couverture des espèces agronomiques semble, si l'on s'en tient aux résultats à court terme diminuer avec le temps; et (5) les espèces agronomiques peuvent avoir des répercussions sur les herbivores.

Johnson, L. et K. Van Cleve, 1976

Les techniques de reconstitution de la flore vont de la simple opération naturelle de reconstitution aux schémas les plus élaborés. Les deux manuels de base décrivant les techniques de reconstitution de la flore sont : *A vegetative guide for Alaska* (1972) et *Alaska revegetation workshop notes* (1973). Plusieurs méthodes ont été utilisées et évaluées par différents auteurs. Ces différentes techniques comprennent :

1. La préparation des planches de semis est nécessaire pour améliorer au maximum les conditions de température d'eau et du microsite. De simples différences au niveau de la forme de la semence et des caractéristiques du champ de semis influencent considérablement la germination en altérant les relations d'humidité entre le sol et la semence. La préparation de la planche de semis augmente la germination notamment dans la toundra arctique où prévalent des conditions extrêmes.

2. Les méthodes d'ensemencement sont importantes en raison de leurs effets sur les relations hydriques et thermiques entre le sol et la semence. Parmi les méthodes d'ensemencement, on note le semoir conventionnel, l'hydroensemencement ou l'ensemencement en plein. Le semoir conventionnel ou les autres méthodes couvrant la semence avec du sol augmentent les taux de germination et diminuent la nécessité de fortes doses de semence.

3. L'époque de l'ensemencement influe considérablement la germination ainsi que la survie à l'hiver. Les ensemencements devront être pratiqués soit au début de la saison de croissance, soit à la fin de l'automne.

4. L'utilisation de mélange de semences est souhaitable dans la mesure où cette méthode augmente la variablilité du stock de semences permettant de supporter un vaste champ de conditions et de sites en associant les meilleures espèces agronomiques et celles adaptées au climat arctique. Des cultures abri sont recommandées pour les sites arctiques mais ne sont pas nécessaires pour la plupart des stations subarctiques.

5. La fertilisation est le seul point important de la reconstitution de la flore en particulier lorsque la couche organique a été déplacée. L'azote, le phosphore et le potassium augmente la floraison, le pourcentage de couverture, la biomasse, la hauteur des plantes et la production végétative sur une station arctique. Cependant, les effets de la fertilisation ne semblent pas demeurer longtemps puisque les éléments nutritifs sont rapidement immobilisés. Toutes les études recommandent l'utilisation d'engrais, mais les taux d'application recommandés varient considérablement et la fertilité des stations varie aussi fortement. La plupart des études recommande l'utilisation d'engrais N, P et K au moment de l'ensemencement suivie d'une application complémentaire sur les secteurs posant quelques problèmes.

Johnson, L. et K. Van Cleve, 1976

La première étape de la reconstitution de la végétation est la sélection des variétés à utiliser. Celle-ci est basée principalement sur les objectifs visés (contrôle de l'érosion, constitution de pâturage, amélioration de l'esthétique ou combinaison de ces éléments), mais elle est aussi influencée par différents autres facteurs : la résistance au froid, le potentiel de reproduction, les exigences d'humidité, la disponibilité d'approvisionnement en semences, la capacité de fixation de l'hydrogène et la forme de croissance. Les plantes annuelles apportent un bon contrôle de l'érosion à court terme en raison de leur forte production de tiges foliacées et en raison de croissance rapide. Le contrôle à long terme de l'érosion hydrique est surtout apporté par les plantes ayant un système racinaire fibreux important associé à une végétation aérienne moindre. Les espèces de légumineuses sont sélectionnées en fonction de leur capacité de fixation de l'azote dans les sols pauvres en azote. Quatre critères généraux des espèces réussissant assez bien sont : le potentiel de reproduction (floraison, production de semences, rhizomes, production de bulbilles ou de marcottes); la capacité de survie pendant plusieurs saisons de croissance; la production d'une biomasse racinaire et aérienne; la quantité utilisée de plants et le développement de la couverture végétale du sol.

Le contrôle des espèces dans le temps est nécessaire pour l'évaluation à long terme dans la mesure où les conditions hivernales extrêmes sont peu fréquentes où les températures estivales peuvent déterminer le succès final de l'opération. En fonction de l'objectif visé par l'opération de reconstitution de la flore, la destruction des semis par le froid au cours de la première saison ne doit pas être nécessairement considérée comme un échec; en effet, cette destruction peut apporter un moyen de contrôle de l'érosion à court terme ou agir comme une culture abri. De la même façon, des variétés qui entrent en déclin de façon régulière après leur établissement initial, peuvent permettre une restauration naturelle du site.

La fétuque rouge Arctared et le pâturin Nugget sont les deux meilleures variétés de graminées que l'on peut utiliser dans les régions arctiques. L'Arctared crée une bonne couverture végétale de l'ordre de 90 à 95% à partir de la troisième ou la quatrième année. Dans les régions subarctiques, la fétuque rouge rampante, le vulpin agreste, l'alpiste roseau Frontier, le chiendent tenu, la fétuque durette Durar et le pâturin Icelandic sont des espèces qui ont un bon rendement. L'alpiste roseau Frontier et le chiendent tenu donnent tous les deux une bonne couverture végétale au cours de la première et de la seconde année de croissance. Les légumineuses soumises aux expériences jusqu'à aujourd'hui n'ont eu qu'un succès limité au nord de la latitude 65° 20' mais donne de très bons résultats au sud de cette ligne.

Johnson, L. et K. Van Cleve, 1976

Les techniques visant à l'entretien des zones ayant une nouvelle couverture végétale établie n'ont pas encore été mises au point jusqu'à maintenant en raison du caractère récent de la mise au point des opérations réussies de reconstitution de la flore. La taille des buissons et les traitements avec des herbicides seront parfois nécessaires si l'on désire conserver la couverture d'herbe. Des applications répétées d'engrais et des opérations de réensemencement pourront s'avérer nécessaires aussi, surtout dans les régions arctiques où les espèces agronomiques ont tendance à dépérir.

La plus grande partie des informations sur la reconstitution de la flore avec des espèces autochtones provient des études réalisées sur des successions naturelles de communautés dans les régions arctiques et subarctiques. Ces études de successions ont permis d'identifier les espèces pionnières, leur capacité de dispersion des semences, leur potentiel reproductif (sexuées et asexuées) ainsi que leur taux de participation dans les successions, principalement en termes généraux. Les sites varient de façon sensible en ce qui concerne le taux de successions des communautés végétales, or si l'on disposait de chiffres évalués de ces taux, il serait alors possible de ménager les objectifs pour permettre, dans bien des cas, l'apparition de successions des communautés. La connaissance des variations chimiques et physiques dans une succession végétale est particulièrement intéressante pour prévoir les quantités requises d'engrais en fonction de certaines espèces végétales utilisées dans des opérations de reconstitution de la flore. Plusieurs points fondamentaux ont pu être déterminés à partir des différents exemples de successions primaires et secondaires sur des terrains perturbés; ces exemples proviennent des ouvrages parus : une succession cyclique peut apparaître dans des régions à conditions climatiques sévères ou sur des terrains perturbés en raison de la nature périodique des perturbations (incendie, gel, érosion par les rivières); un pourcentage élevé d'espèces végétales ont un pouvoir certain de reconstitution de la flore sur des sites dont la perturbation est équivalente à celle qui est naturellement rencontrée; une opération de reconstitution de la flore ne réussira sur un terrain perturbé par l'homme que si ses perturbations ne dépassent pas les limites de gravité des perturbations naturelles. La reconstitution de la flore ne prendra pas sur des sites instables; toutefois, l'évolution des successions de communautés est similaire pour tous les types de perturbations dès que l'érosion est arrêtée et que la stabilité thermique est rétablie.

Les taux de succession varient en particulier pour les sites à conditions sévères; une étude arctique rapporte le fait qu'une couverture végétale a pu être obtenue après deux ans et qu'elle fut complète après 11 ans, mais que le restauration de la végétation originale, de la microtopographie et du modèle initial de drainage prendra quelques centaines et quelques milliers d'années même. Les cycles de succession dans le haut arctique sont lents et ne présentent qu'une faible croissance après 10 ou 20 ans.

Johnson, L. et K. Van Cleve, 1976

Les résultats irréguliers des successions végétales secondaires après perturbation sont attribués aux différences de la teneur du sol en eau glacée et de l'importance végétative avant l'intervention de la perturbation. L'augmentation de l'épaisseur du sol soumise au dégel se traduit par le réchauffement du sol et par le fait que la croissance des racines dispose d'un plus grand volume de sol où elle peut ainsi puiser plus d'éléments nutritifs. La reconstitution de la flore des régions subarctiques peut être rapide à partir des stocks de racines viables des espèces ligneuses (saules, aulnes et peupliers beaumier) contenus dans la couche de matière organique qui constitue aussi un terrain favorable à l'ensemencement. Le *Calamagrostis canadensis* et le *Corydalis sempervirens* sont les premières espèces à envahir les stations subarctiques. Sur une station perturbée du versant nord de l'Alaska (Alaskan North Slope), les espèces pionnières sur les stations mézoïques furent : l'Arctagrostide élevé. le Calamagrostide comprimé, la *Poa arctica* et la *Luzula confusa*. Sur les stations plus humides, on a rencontré plus couramment *l'Arctophila fulva, le Carex aquatilis, le Senecio congestus* et *l'Eriophorum scheuchzeri*. Le nombre des espèces pionnières est plus grand dans les régions subarctiques et le long des rivières arctiques que sur les régions montagneuses et intérieures arctiques ainsi que sur les plaines côtières.

Il est nécessaire de mettre au point des programmes d'augmentation des semences pour les régions arctiques où les espèces de reconstitution de la flore apparaissent naturellement. Les méthodes de production de semences demandent du temps et impliquent la mise à l'essai répété de ces semences sur le terrain. A l'institut de recherche subarctique, à Palmer, Alaska, plusieurs espèces sont couramment soumises à des cultures de multiplication de semences : le pâturin Greenland, quatre variétés d'arctagrostide, deux variétés de fétuque rouge, deux variétés de graminées résistants au milieu alcalin, trois variétés de canche et de calamagrostide comprimé. Younkin (1973) a étudié la calamagrostide et l'arctagrostide; il a remarqué que les deux espèces produisent de petites quantités de semences en comparaison avec d'autres espèces autochtones mais que les semences ont des taux élevés (plus de 80% de germination survient bien à l'hiver et que les plants fleurissent dès la deuxième année. Jusqu'à maintenant, peu d'essais ont été effectués avec des légumineuses autochtones, néanmoins ce qui a déjà été fait montre la faible vigueur à l'ensemencement et l'établissement lent de celle-ci. Il conviendrait donc de poursuivre les travaux dans ce domaine.

Les méthodes d'ensemencement pour les espèces autochtones sont parallèles à celles des espèces agronomiques et montrent de la même manière le besoin de placer les semences à peu de profondeur. L'épandage d'engrais visant à l'augmentation de la croissance et du taux de couverture est certes un avantage mais ne constitue pas une nécessité absolue pour les espèces autochtones à l'exception toutefois lorsque la couche organique a été détruite. Le principal avantage de la fertilisation réside dans le fait que les espèces autochtones peuvent avoir des taux accrus de croissance

Johnson, L. et K. Van Cleve, 1976

et peuvent ainsi stabiliser plus rapidement la station perturbée.

D'autres techniques d'utilisation des espèces autochtones comprennent le bouturage, le noyautage et l'utilisation de plaques d'ensemencement. Le bouturage consiste à récolter des rhizomes ou des stolons vivants (les tiges rampantes au-dessus du sol), en les coupant en segments courts et en les plantant. Cette méthode a un taux d'établissement plus grand que l'ensemencement et le matériau de bouturage peut être récolté sur une plus grande période de temps que les semences. Les désavantages principaux sont que ce matériel est plus volumineux et plus délicat et qu'il nécessite un équipement spécial pour sa récolte. Cette méthode donne de bons résultats avec les espèces autochtones qui dépendent fortement de la reproduction végétative. Le noyautage consiste à retirer une carotte de six pces de long accompagnant chaque plant autochtone et de replanter l'ensemble sur les stations à repeupler. La pose de plaques à ensemencer consiste à placer une couche organique en lieu et place de la précédente manquante et permet de réduire les perturbations thermiques. Le succès de ces méthodes dépend énormément de la période où elles sont utilisées et du soin que l'on portera à éviter le dessèchement.

Les espèces ligneuses autochtones ont quelques caractéristiques uniques pour les opérations de reconstitution de la flore. Elles ont en effet des racines plus longues et plus profondes, un tissu ligneux, une plus grande hauteur et elles sont mieux adaptées pour la stabilisation des pentes, pour la production d'herbe à pâturage et pour la création d'écrans visuels. Les espèces ligneuses arbustives telles que le saule et l'aulne peuvent se multiplier par bouture dans les régions subarctiques. Ici encore, l'époque de plantation et le niveau d'humidité du substrat sont des points critiques à surveiller. Les graines de bouleau, d'aulne et d'épinette semblent aussi avoir des avantages prometteurs. L'aulne est particulièrement intéressant pour augmenter la teneur du sol en azote. Des essais de transplantation de jeunes pousses d'épinette blanche et de pin de Murray ont parfaitement bien réussi pendant au moins une saison dans les régions subarctiques. Il conviendrait d'obtenir beaucoup plus d'informations pour parvenir à une évaluation complète, cependant, on estime déjà que les boutures d'arbustes sont intéressantes.

Les expériences utilisant des mélanges d'espèces autochtones et agronomiques ont été en général favorables. La croissance des espèces autochtones est plus lente pendant plusieurs années mais elle devrait probablement remplacer progressivement les espèces agronomiques au fur et à mesure qu'elles disparaîtront. On ne connaît pas encore les relations de concurrence entre ces deux types d'espèces. Il est aussi possible que la présence d'espèces agronomiques retarde au départ l'évolution des espèces autochtones et que par la suite les espèces autochtones les mieux adaptées en viennent à accélérer le déclin des espèces agronomiques.

Johnson, L. et K. Van Cleve, 1976

Les auteurs soulignent plusieurs problèmes concernant la reconstitution de la flore dans le nord : (1) il est probable que la reconstitution de la flore ne résoudra pas tous les problèmes prévus, tels que la prévention du thermokarst; (2) il faut prévoir l'éventualité de conflit entre les objectifs; (3) l'opération de reconstitution de la flore peut faire surgir des problèmes écologiques; (4) la fertilisation risque dans certains cas de provoquer l'enrichissement des réserves d'eau adjacentes et d'altérer la composition des espèces; et (5) le broutage dans les régions ayant bénéficié de la reconstitution de la flore peut éventuellement poser un problème ou, réciproquement, des stations d'herbes étrangères peuvent altérer le comportement des animaux herbivores ou troubler leurs fonctions digestives.

L'auteur formule quelques recommandations spécifiques pour les recherches futures :

1. Il est nécessaire d'identifier et de quantifier les paramètres critiques pour les opérations de reconstitution de la flore (niveau des éléments nutritifs, capacité de rétention de l'humidité et densité apparente du sol par exemple; ceux-ci vont être mesurés à nouveau à l'occasion de toute variation pendant toute la période de reconstitution de la flore afin d'apporter une meilleure compréhension du processus de reconstitution et de faire les extrapolations possibles vers d'autres stations.

2. On a besoin de connaître les résultats à long terme afin de prévoir les répercussions éventuelles de la reconstitution de la flore;

3. On a actuellement besoin de connaissances plus détaillées des variations physiques, chimiques et biologiques accompagnant les phénomènes de succession, afin de quantifier le cadre chronologique de la succession et de pouvoir simuler ces variations dans les méthodes de reconstitution de la flore;

4. Il serait bon de réaliser encore plus d'études autoécologiques des espèces autochtones qui présentent des avantages pour des opérations de reconstitution de la flore.

5. Il est nécessaire de procéder à des études jumelées de la concurrence existant entre les espèces vivaces et les espèces annuelles, entre les espèces ligneuses et les espèces herbacées et entre les espèces autochtones et agronomiques afin de déterminer les meilleurs mélanges d'espèces en fonction de chaque situation particulière et afin de prédire au mieux les effets des opérations artificielles de reconstitution de la flore pour une restauration à long terme.

6. Il est nécessaire de déterminer les doses optimales de fertilisation et d'apports critiques d'éléments nutritifs en fonction

de chaque espèce particulière, de l'étendue de la zone perturbée et de la réponse des espèces autochtones et agronomiques aux engrais, de même qu'il est nécessaire de déterminer les similitudes et les différences existant entre la fertilisation et les variations du contenu nutritif pendant une succession.

7. Des recherches complémentaires sont nécessaires dans d'autres domaines tels que l'expérimentation de la reconstitution de la flore sur les banquettes, et sur les amas compacts de gravier, de la reconstitution avec des mousses (elles jouent un rôle important sur le régime thermique de leur environnement) et vérifier la validité des résultats obtenus sur de petites parcelles expérimentales et éventuellement applicables à plus grande échelle.

1. JOHNSON, M.S.

2. 1976

3. Plant growth on fluorspar mine tailings (Croissance végétale sur les résidus miniers de fuorine).

4. Journal of Soil and Water Conservation 31 : 17-20

5. Original

6. a. Angleterre; forêt britannique

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; résidus miniers.

7. Des amoncellements détritiques relativement fins provenant du traitement secondaire du minerai de fluorine dans le district Peak au Royaume-Uni possèdent des caractéristiques défavorables tant physiques que chimiques. Ces haldes sont principalement constituées de fines particules de sable à texture limoneuse qui sont particulièrement soumises à l'érosion; cette situation est aggravée par la composition chimique de l'ensemble. Les haldes les plus anciennes ont une forte teneur en fluorure de calcium ainsi que de fortes concentrations de plomb et de zinc. Les progrès récents dans l'extraction de ce minerai ont permis de réduire la proportion de ces éléments minéraux dans les haldes plus récentes.

La reconstitution naturelle de la végétation sur les haldes anciennes tardent plusieurs années. Un nombre limité d'espèces qui ont pu constituer des populations résistantes aux concentrations défavorables de plomb et de zinc sont : la fétuque rouge *(festuca rubra)*, la minuarta de printemps *(minuarta verna)*, et l'agrostide tenu *(Agrostis tenuis)*. Parmi les plantes établies naturellement sur des haldes récentes, on constate la présence en particulier de l'ivraie vivace *(Lolium perenne)*.

Des ensemencements et des plantations expérimentales ont été réalisés avec un mélange d'ivraie vivace, de fétuque rouge et de trèfle blanc inoculé dans les proportions 5:4:1. Le tapis gazonné ainsi établi s'est montré assez sensible aux applications d'azote et de phosphore mais pas aux applications de potassium. La composition des espèces a varié en fonction des traitements d'engrais utilisés; l'ivraie vivace a dominé, favorisée par l'épandage d'azote et est restée insensible au phosphore ou au potassium. Le phosphore sans azote a produit un meilleur équilibre entre les graminées et le trèfle. Un lessivage rapide des éléments nutritifs est devenu évident dès l'année qui a suivi la plantation. Lorsqu'on n'ensemence pas de légumineuses, il devient nécessaire de procéder à un épandage d'azote pour maintenir la productivité et pour

maintenir la végétation qui stabilise les amoncellements détritiques et apporte ainsi une couverture esthétique sur les barrages de schlamms.

La végétation qui s'est développée au cours de cette étude n'a pas pu être utilisée pour le pâturage du bétail en raison des fortes concentrations de fluorure, de plomb et de zinc.

1. JOHNSON, P.L.

2. 1974

3. Moderator's comments (Observation du Président de l'Assemblée).

4. In : Répercussions de l'activité humaine sur les environnements arctiques et subarctiques, Institut arctique d'Amérique du Nord, Montréal, p 56-63

5. Original

6. a. Alaska, Yukon, district de Mackenzie; taïga méridionale de l'Alaska, taïga centrale de l'Alaska, toundra d'Alaska, toundra canadienne, taïga canadienne

   b. Territoires du Nord-Ouest, Yukon, morts-terrains; routes

7. Divers points ont été considérés au sujet des opérations de reconstitution de la flore sur des zones perturbées dans le nord : l'importance relative des espèces autochtones et agronomiques; l'introduction d'espèces de mauvaise herbe en puissance; la disponibilité de semences dans les quantités nécessaires; la nécessité de la fertilisation des sols; les taux de croissance.

La plupart des recherches ont été dirigées sur les régions arctiques et subarctiques du Canada et de l'Alaska. Il est apparu qu'il sera nécessaire d'adapter différents mélanges de semences, formules d'engrais, taux d'application et pratiques d'aménagement sur toutes la longueur du projet de gazoduc dans la vallée du Mackenzie. En Alaska, toutes les graminées à l'exception de deux ou trois pour le reconstitution de la flore ont des espèces soit autochtones soit dérivées des espèces autochtones. Les études qui ont été réalisées autour du gazoduc canadien ont permis de mettre au point une sélection de trois espèces introduites et de deux espèces autochtones. Selon les rapport, les espèces autochtones envahissent les parcelles expérimentales canadiennes et de l'Alaska où elles ont été semées et fertilisées.

En raison de la lenteur du recyclage des sels minéraux, due au faible pouvoir d'oxygénation et aux faibles températures des sols nordiques, toute opération de reconstitution de la flore qui veut réussir doit faire intervenir des épandages d'engrais inorganiques. C'est ainsi que sur le versant nord de l'Alaska (Alaska North Slope), l'épandage d'engrais NPK 22-11-11 à raison de 400 lb/acre (200 lb/acre au moment de l'ensemencement et la même quantité une année plus tard) a donné de bons résultats. Au sud de ce versant, le taux d'épandage fut de 300 lb/acre et il est probable que des effets avantageux complémentaires proviendront de la quantité accrue de phosphore. Les études canadiennes signalent

Johnson, P.L., 1974

que les quantités d'engrais les mieux adaptées sont de 100 lb d'azote/acre en association avec 100 ou 200 lb de phosphore/acre appliqués sous forme de nitrate d'ammoniac et de phosphate.

1. JONES, D.M., W.W. SHILTS et R.W. WEIN

2. 1976

3. Heavy metal content of tundra plant species (Concentration de métaux lourds dans les espèces végétales de la toundra).

4. Relevé géologique de Canada, Ottawa. Article 76 - 1B:273-279

5. Original

6. a. District de Keewatin; toundra canadienne

   b. Toundra continentale; morts-terrains, résidus miniers

7. Certaines espèces végétales peuvent être associées à des sols à fortes concentrations de métaux lourds et certaines plantes concentrent certains de ces métaux lourds. Ceci a des implications directes sur la prospection minière et sur les animaux herbivores qui broutent ces végétaux.

A l'occasion de la présente étude, on a examiné les principales espèces végétales et des sphaignes sur cette station dans le district central de Keewatin. C'est ainsi que l'on a pu constater, d'après les conclusions préliminaires, que les bouleaux nains et les saules nains sont les espèces qui concentrent le plus le zinc, le cadmium, le plomb et le cuivre lorsqu'il se développe à proximité des zones de minéralisation. Il semble en particulier que le saule soit plus apte à concentrer l'uranium et le cadmium tandis que le bouleau concentre le zinc. Ces deux espèces ont aussi une capacité de concentration du cobalt à des niveaux deux ou trois fois supérieurs à ceux des autres plantes échantillonnées dans le cadre de la présente étude.

Des ajoncs aussi se sont montrés aptes à la minéralisation du cuivre, du plomb et du zinc. On a ainsi pu constater de très fortes concentrations de ces métaux dans des échantillons de carex provenant du lac Pitz. On ne connaît pas la source de cette concentration mais les conditions chimiques propres aux terrains faiblement drainés autour du lac Pitz peuvent éventuellement avoir provoqué une concentration préférentielle de certains éléments.

Il conviendrait d'étudier de façon plus approfondie les vesces et les *Dryas* qui ont montré certaines tendances à la concentration de l'uranium.

Passant en revue certains travaux réalisés dans d'autres secteurs, les auteurs indiquent que les chercheurs de l'Alaska ont remarqué plusieurs espèces de mousses et d'hépathiques en association avec des processus de minéralisation. On a ainsi remarqué que *Mielichhoferia macrocarpa*, une

Jones, D.M., W.W. Shilts et R.W. Wein, 1976

mousse chargée de cuivre aurait une relation quasi obligatoire avec les gisements de cuivre de l'Alaska. Des chercheurs, travaillant dans le territoire du Yukon et dans les territoires du Nord-Ouest ont constaté que des bouleaux nains et des saules concentrent le zinc et le cuivre à partir du substrat sédimentaire ou du sous-sol rocheux. Une étude finnoise a déterminé que *Vaccinium vitis-idaea* est un concentrateur de cuivre et que *Ledum palustre* assimile des quantités anormales de cuivre et de molybdène sur des gisements miniers. L'espèce *Ledum palustre* est aussi capable de synthétiser les composés chélateurs qui forment des complexes avec les ions métalliques lourds qui deviennent ainsi inoffensifs. Par cette étude, on a remarqué l'existence d'un seuil stable de concentration de quelques métaux lourds dans les tissus végétaux, malgré les variations considérables des teneurs en métaux en différents endroits du sol ou des tourbes. Ce seuil fut plus nettement défini pour l'argent dans les espèces suivantes : *Betula glandulosa, Empetrum nigrum, Vaccinium vitis-idaea, V. Uliginosum, Cassiope tetragona,* des espèces de vesces, *Arctostaphylos alpina* et *Calamagrostis* sp. On a aussi remarqué des seuils nets pour le cobalt dans : *Ledum palustre, Empetrum nigum, Vaccinium uliginosum, Cassiope tetragona, Rubus chamaemorus, Arctostaphylos alpina,* des espèces de vesces et *Calamagrostis* sp.

1. JONES, J.N. Jr., W.H. ARMIGER et G.G. HUNGATE

2. 1973

3. Seed ledges improve stabilization of outer slopes on mine spoil (Les banquettes ensemencées améliorent la stabilisation des pentes extérieures des terrils miniers).

4. In : Articles et documents sélectionnés à partir du symposium de la recherche agronomique et des techniques appliquées sur la mise en valeur des terrils miniers, National Coal Association, Monroeville, Pennsylvanie, p. 125-132

5. Original

6. a. États-Unis; forêt orientale

   b. Territoires du Nord-Ouest; Yukon; morts-terrains

7. Une série de terrasses en escalier ont été construites à la main en respectant les courbes de niveau. Ces terrasses avaient entre 18 et 24 pces de largeur et furent ainsi abandonnées à leur angle naturel de repos. Les plus grosses pierres ont glissé plus rapidement au bas de la pente que les matériaux les plus fins tant et si bien qu'il existe aujourd'hui une distribution régulière de la dimension des particules du haut vers le bas de la pente. La construction des terrasses a favorisé la rétention de l'eau ce qui est très important pour l'établissement et le maintien d'une couverture végétale.

Dans cet exemple provenant de l'est des États-Unis, les plantes furent soit semées à la main, soit semées en direct sur les terrasses avec des épandages d'engrais. L'amélioration des relations sol-eau sur les terrasses a accéléré l'établissement de la végétation et a ainsi accru la stabilisation et le contrôle de l'érosion.

1. KELLER, H. et J-C LEROY

2. 1975

3. The systematic reclamation of gold mine tailings (La remise en valeur systématique des haldes de mines d'or).

4. Canadian Mining Journal 96 : 45-46

5. Original

6. a. Ontario, Québec; Taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, Yukon méridional, résidus miniers.

7. La plupart des terrils de mines d'or ont habituellement un pH proche de la normale. Les auteurs ont réalisé une expérience de remise en valeur de haldes de mines d'or situées dans les régions du bouclier canadien et ce, depuis la fin des années 60. Par cette recherche, ils désirent accélérer considérablement les processus naturels de reconstitution de la flore et provoquer l'apparition d'une couverture végétale complète en quelques semaines en utilisant des espèces herbacées vivaces sur les déblais disponibles ou sur les haldes minières sans amélioration du sol.

Les procédures de remise en valeur suivent plusieurs étapes : 1) un nivellement grossier suivi d'un nivellement fin, en particulier des pentes extérieures des barrages de retenue; 2) grattage de toutes les surfaces recouvertes de croûte qui forment des zones trop compactes; 3) neutralisation si nécessaire; celle-ci peut être accomplie par deux hommes avec un distributeur sur Flextrac Nodwell pouvant épandre cent tonnes de chaux pulvérisée/jour/machine; 4) passage du rateau et de la herse pour mélanger la chaux au substrat des haldes; 5) épandage d'un engrais organique à raison de 1000 lb/acre (apportant surtout de l'azote) et d'une population bactérienne constituée particulièrement de *Rhizobium* à partir de légumineuses incoulées; 6) ensemencement mécanique sur les pentes et sur les zones plates, et ensemencement hydraulique sur les pentes abruptes auxquelles on ajoute un paillis si nécessaire.

Un mélange de graminées et de légumineuses permet de développer un réseau dense de racines qui consolide les haldes avec une surprenante capacité de régularisation de l'absorption de l'eau. Une telle couverture végétale peut utiliser entre 500 et 1 000 lb d'eau pour produire 1 lb de matière végétale.

1. KERSHAW, G.P.

2. 1976

3. The periglacial environment and its limitations to development. The Mactung case study, Northwest territories - Yukon territories (L'environnement périglaciaire et ses limitations au développement. Étude de cas de Mactung, Territoires du Nord-Ouest - Territoire du Yukon).

4. Université de Waterloo, Faculté d'aménagement de l'environnement, Waterloo Ontario M.A. Thesis, 298 p.

5. Original

6. a. District de Mackenzie; montagnes de Mackenzie

   b. Région alpine; résidus miniers

7. Dans le présent ouvrage, plusieurs caractères de l'environnement alpin subarctique de la région Mactung dans les montagnes Selwyn situées à la limite entre les Territoires du Nord-Ouest et le Territoire du Yukon sont décrits et analysés comme des limitations potentieles du développement. Le climat, la diversité des microclimats, le pergélisol, les topographies réduites et moyennes, les régimes fluviaux et trente communautés végétales sont décrits dans les premiers chapitres de cette thèse. La végétation et la géomorphologie y sont pris comme les facteurs les plus importants parce qu'ils résultent de l'interaction des autres composants. Lors d'une analyse finale, ces deux éléments sont repris dans la description du paysage ainsi que dans l'évaluation en terme de sensibilité.

Tous les déblais miniers jouent, plus ou moins, sur l'évolution des espèces végétales au travers d'un ou de plusieurs paramètres énumérés ci-après : mortalité, changement de la végétation, état de succession, diversité des espèces et densité des individus. Plusieurs processus peuvent entrer en jeu : photosynthèse, mobilisation des éléments assimilés. germination et établissement. Les communautés végétales affectées par les déblais miniers dans la région Mactung sont composées de saules nains et en fourrés, de prairies humides et de tourbe. L'importance de cette influence est décrite comme sévère et de longue durée.

Les effets indirects des déblais miniers pourraient éventuellement comprendre les modifications de l'habitat résultant des changements apportés ou à plusieurs des points suivants : densité apparente du sol, humidité du sol, atmosphère environnante du sol (micro-climat), éléments nutritifs contenus dans le sol et biotope édaphique. Les communautés

Kershaw, G.P., 1976

végétales affectées par les influences indirectes seraient celles de saules nains et à fourrés, les prairies humides et les tourbes.

Des évaluations comparables sont données sur les résidus solides et les eaux noires, sur l'influence d'une ville et d'une usine, sur l'utilisation du matériel de construction sur des terrains non préparés. sur l'utilisation de véhicules tout terrain, sur l'influence accrue des incendies non contrôlés, sur les routes, les banquettes et les bas-côtés des routes, sur la construction à proximité des fleuves et des réserves d'eau, sur les terrières et sur les camps temporaires.

Les implications géomorphologiques des déblais miniers comprennent l'augmention des échanges de température du sol et la dégradation du pergélisol qui affectent l'épaisseur de la couche active. cette influence est considérée comme très sérieuse en importance et en durée. Le relief très agité de la région de Mactung est une donnée complémentaire au problème puisqu'elle est une composante supplémentaire des perturbations de l'environnement. Les faciès ayant un relief marqué ont des caractéristiques bien particulières telles que les éboulis de roches, les hydrolaccolithes provoquées par la solifluxion, les formations de thufurs (monticules), les formations géologiques résultant d'une ségrégation, les névés ainsi que les écoulements intermittents. Les quantités de matériaux déplacés sur les terrains montagneux sont parfois importantes et risquent d'endommager les installations. L'auteur considère que l'obstacle opposé par les sols gelés aux opérations de développement est le plus important de tous les autres pouvant intervenir.

L'auteur a repéré 30 communautés végétales différentes qu'il a classées de la façon suivante : substrats caillouteux et sols nus, toundra alpine, toundra de lichens, toundra de bruyères, bouleaux nains, fourrés, saules nains et fourrés de saules, zones de bois tordus, toundra subalpine humide, prairies humides et tourbières. Une des communautés décrites est implantée sur une zone perturbée; elles est constituée de *Luzula* spp, *Epilobium latifolium* et *Stereocaulon* spp. Cette communauté est importante car elle pourra éventuellement jouer un rôle d'information lors d'opérations ultérieures de reconstitution de la flore sur des amoncellements détritiques miniers ou sur d'autres stations perturbées.

Les stations perturbées décrites dans le présent document se trouvent le long de routes et d'amoncellements en andains repoussés au bulldozer en 1970; ces stations occupent des pentes à déclivité variables et jouissent d'une grande diversité de conditions hydriques. Sur les pentes, une partie de la nouvelle végétation provient des processus naturels de formation de ces pentes. Ces processus déplacent des sections complètes du tapis végétal en entraînant le substrat avec les racines, un peu comme des plaques de gazon transposées. Aux endroits traversés par des bulldozers et ayant conservé leur végétation intacte, la reprise du développement végétal est assez rapide; les espèces *Luzula* et *Epilobium* y assurent la plus importante couverture.

Kershaw, G.P., 1976

L'auteur conclut en signalant que le substrat et le microclimat de la station de Mactung ont assuré le contrôle de la distribution des espèces. Les relations internes des substrats sont complexes et varient considérablement d'un point à un autre sur une même station.

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1965

3. Response of native bluejoint grass *(Calamagrostis canadensis)* in subarctic Alaska to harvest schedules and fertilizers (Comportement du calamagrostis autochtone *(Calamagrostis canadensis)* des régions subarctique de l'Alaska en réponse aux plans de récole et de fertilisation).

4. Comptes rendus du IX^{e} Congrès international des plantes fourragères : 1309-1314

5. Résumé de l'auteur

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, centre du Mackenzie, région du delta du Mackenzie, Yukon; morts-terrains, routes

7. Le présent document rend compte de l'étude réalisée sur le comportement du calamagrostis comprimé autochtone *(Calamagrostis canadensis)* en fonction de 3 plans de récolte et de 5 traitements de fertilisation. La productivité du calamagrostis a diminué de façon remarquable lorsqu'il est fauché 2 fois par saison et qu'il n'a pas reçu de phosphore et de potassium en plus de l'azote. Il est possible, en aménageant convenablement la culture, d'obtenir des rendements de 1.0 à 2.5 tonnes de fourrage sec par acre et par an. La qualité fourragère de cette herbe est meilleure lorsqu'elle est fauchée une fois par an juste avant l'apparition des inflorescences (stade du bouton); cette qualité baisse pour les autres époques de l'année. En effet, lorsque la plante est parvenue au stade du bouton, elle a alors sa plus forte teneur en protéines brutes et sa plus faible teneur en matière sèche. Au cours de cette étude, il est apparu que de faibles quantités d'engrais suffisent pour maintenir la productivité de calamagrostis fauché une fois par an, juste avant l'éclosion des boutons. Cependant, des taux accrus d'épandage d'engrais complets ont permis, en général, d'augmenter le rendement ainsi que la qualité du fourrage en augmentant la teneur en protéines et en diminuant la teneur en matière sèche.

Cette étude a été réalisée dans la vallée du Matanuska, dans le sud du centre de l'Alaska (61 34 N, 149 00 W).

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1969

3. Agronomic characteristics of the little-known, northern grass, *Arctagrostis latifolia* var. *Arundinacea* (Trin) Griseb., and a proposed comon name, tall arcticgrass (Caractéristiques agronomiques de la graminée nordique *Arctagrostis latifolia* var. *arundinacea* (Trin.) Griseb., et le nom proposé pour celle-ci, arctagrostide élevée).

4. Agronomy Journal 61 : 45-59

5. Original

6. a. Alaska; taïga centrale de l'Alaska, toundra de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Centre du Mackenzie, région du delta du Mackenzie, Yukon; morts-terrains, routes

7. La graminées *Arctagrostis latifolia* est une espèce vivace à croissance élevée, distribuée autour du cercle polaire (50° N environ). Elle a des caractéristiques intéressantes pour son utilisation dans les régions subarctiques : excellente production fourragère; résistance excellente aux froids de l'hiver; croissance rapide de printemps; son fourrage contient moins de matière sèche que les autres graminées.

Les semences de l'arctagrostide sont de taille très réduite (5,126,000/kg) et doivent être ensemencées sous une légère couverture de terre. La vigueur au moment de l'ensemencement est faible; mais, dès que les plants sont établis, cette espèce a un taux de croissance supérieur aux autres plantes.

Cette plante produit en général une graine par spicule et le battage n'a posé aucun problème lors de la réalisation des essais. Les semences sont parvenues à maturité au cours de la deuxième quinzaine de septembre, soit un peu plus tard que la fléole et le brome inerme.

Il a semblé que cette espèce résiste assez bien à la concurrence végétale pendant la période de croissance après l'ensemencement. Des études complémentaires sont encore nécessaires pour connaître son comportement en fonction du type de sol où elle se développe et en fonction des engrais utilisés. L'auteur a proposé l'appellation vulgaire "tall arcticgrass" (arctagrostide élevée).

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1969

3. Siberian wildrye (*Elymus sibiricus* L.) : agronomic characteristics of a potentially valuable forage and conservation grass for North (Elyme sibérien (*Elymus sibiricus* L.) : caractéristiques agronomiques d'une graminée fourragère et de conservation des sols pour les régions nordiques).

4. Agronomy Journal 61 : 855-859

5. Original

6. a. Alaska; taïga centrale de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, centre du Mackenzie, région du delta du Mackenzie, Yukon; morts-terrains, routes.

7. Originaire de l'Europe et de l'Asie, l'élymus sibérien ou orge sauvage est une graminée cespiteuse vivace qui se développe en hauteur. Elle pousse aussi dans le nord-ouest du Canada et en Alaska. Dans cet article, l'auteur confirme que cette espèce a pénétré de nouveaux domaines d'extension dans le centre de l'Alaska.

L'étude de cet écotype subarctique a montré qu'il a une bonne vigueur à l'ensemencement, une résistance aux froids de l'hiver et une capacité de production de graines. L'écotype d'Amérique du Nord a pris une nette supériorité sur son congénère européen pour la résistance à l'hiver. En ce qui concerne l'élymus sibérien ainsi que d'autres graminées et légumineuses vivaces poussant dans cette région, on a remarqué qu'il existe une relation inverse entre le niveau de résistance à l'hiver et la production de matière sèche pendant l'année suivant l'ensemencement.

Les lieux privilégiés de développement de cette graminées en Alaska reçoivent entre 25cm et 75 cm de précipitations par an et sont pour la plupart ouverts non-ombragés. Cette graminée est manifestement capable de se développer sur des terrains stériles et relativement xériques tels que les tranchées et les remblais routiers.

Pour profiter au maximum de la vigueur de l'élymus à l'ensemencement, il conviendra de l'ensemencer à moins de 5 cm de profondeur; dans les meilleurs cas, avec une planche de semis à argile limoneuse, la profondeur d'ensemencement se situera entre 1.3 cm et 2.5 cm. Cette espèce, ainsi que l'espèce autochtone *Agropyron*, produisent des semences en assez grande quantité même dans de mauvaises conditions de fertilité. L'élymus peut se croiser facilement avec *Agropyron macrourum*. Ce croisement donne *Agroelymus palmerensis* dont il faudrait maintenant évaluer les capacités en raison de cette parenté.

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1970

3. Effects of nitrogen on heading and other components of bromeglass seed yield in the Subarctic (Effets de l'azote sur la grenaison et autres fonctions des graines de brome dans les régions subarctiques).

4. Crop Science 10 : 639-642

5. Original

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. Le brome Polar *(Bromus inermis* x *Bromus pumpellianus)* est mieux adapté aux conditions climatiques de l'Alaska que les variétés méridionales introduites de brome. Afin de déterminer l'influence de l'azote sur la production des semences, on a procédé, au printemps, à l'épandage d'engrais azoté avec cinq taux d'application allant de 0 à 270 kg/ha sur une station de brome Polar de la Station agricole expérimentale de l'Alaska à Palmer (61° 35' N), dans le centre sud de l'Alaska.

Au mois de mai 1964, des parcelles furent recouvertes de nitrate d'ammoniaque à raison de 0, 45, 90, 180 et 270 kg/ha : cet engrais libère de l'azote élémentaire. Au cours de la même année, les spicules de brome par panicule ainsi que le poids des graines par panicule ont augmenté, en général, en même temps que l'augmentation des taux d'application de l'azote. Les augmentations du nombre de spicules par panicule n'ont pas été importantes pour les taux supérieurs à 90 kg/ha d'azote. Le nombre des graines par spicule n'a pas varié en 1964, mais le poids des graines par spicule a légèrement augmenté proportionnellement aux augmentations du taux d'application entre 45 et 180 kg/ha d'azote. La variation des taux d'application n'a pas eu d'influence sur le nombre de panicules par parcelle unitaire.

Toutes les parcelles ont reçu une dose de 100 kg/ha d'azote au printemps de l'année 1965. Les résultats, pour cette année-là, ont montré que les différentes quantités d'azote épandues en 1964 ont eu un effet remarquable sur le nombre de panicules par parcelle ainsi que sur la production de semences par hectare mais n'ont pas eu d'influence sur le poids des semences par panicule. La principale différence entre les parcelles de 1965 a été que celles-ci ayant reçu une faible dose d'azote ont porté des tiges qui n'ont pas produit de panicules et que le nombre des tiges produisant des panicules augmente progressivement sur les parcelles qui, en 1964, ont reçu successivement de plus grandes quantités d'azote.

Klebesadel, L.J., 1970

De tels résultats montrent que, en ce qui concerne les régions subarctiques, les épandanges d'azote effectués à la fin de l'été devraient favoriser des productions de graines de brome plus importantes au cours de l'année suivante que pendant l'année de l'application. L'azote épandu au printemps n'a pas d'effet, car, dans les régions centrales méridionales de l'Alaska, le photo-périodisme provocant l'inflorescence (inférieur à 13 h) n'existe qu'avant l'hiver. De plus, la croissance végétative de la saison de développement utilise de grandes quantités de l'azote épandu au printemps si bien qu'il n'en reste ensuite que très peu pour satisfaire les besoins de l'inflorescence.

Il est nécessaire de réaliser des études supplémentaires pour déterminer la meilleure époque et les taux optimaux d'épandage de l'azote pour la production de graines de brome à cette latitude. Chaque augmentation du taux d'épandage en 1964 a provoqué une augmentation de la production de graines en 1965, mais on ne sait pas encore si la réponse maximale a été obtenue avec le taux de 270 kg/ha; on ne sait pas non plus si le taux optimal d'azote varie avec le vieillissement de la station de brome, lorsque la formation gazonnante devient plus dense. Les recherches ultérieures devraient être orientées vers l'étude des interactions thermiques, du photopériodisme, de la quantité d'azote contenue dans les formations morainiques ainsi que de l'induction de l'inflorescence chez différentes variétés de brome, adaptées à ces latitudes.

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1970

3. Influence of planting date and latitudinal provenance on winter survival, heading, and seed production of bromegrass and timothy in the Subarctic (Influences de la date de plantation et de la latitude du milieu d'origine sur la survie à l'hiver, la grenaison et la production de graines du brome et de la fléole dans les régions subarctiques).

4. Crop Science 10 : 594-598

5. Original

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. La capacité de survie à l'hiver, la grenaison, les rendements de graines et de fourrage ont été comparés en fonction de la latitude d'origine d'écotypes de brome *(Bromus* spp.) et de fléole *(Phleum praiense)* qui furent plantés en sillons, à 10 jours d'intervalle, entre le 20 mai et le 15 septembre des années 1964 et 1965, dans le cadre de la Station expérimentale agricole de l'Alaska, à Matanuska (61° 35' N). Un résultat expérimental préliminaire avait fait remarquer que l'adaptation à la latitude joue un rôle considérable dans les phénomènes de grenaison et de production de graines propres aux graminées ensemencées en région subarctiques. Quatre écotypes de brome furent ensemencés : le *Bromus pumpellianus* originaire de l'Alaska, le brome Manchar (provenant des régions nord-occidentales en bordure du Pacifique), la variété Alaskan Polar, et le brome Achenbach (variété venant du Kansas). L'Engmo, la Climax venant du Canada et la 'Clair' venant du Kentucky furent les trois variétés de fléole qui furent ensemencées.

La date la plus précoce d'ensemencement (20 mai) a donné les meilleurs résultats d'épiaison l'année suivante sur toutes les lignées. Le nombre des épis formés diminue progressivement en fonction des dates ultérieures d'ensemencement. Le *Bromus pumpellianus* et le brome Polar ont produit les plus hauts rendements de graines; le premier cité a produit plus de graines que le brome Polar, quand ils sont ensemencés avant le 15 juin. La grenaison et la production de graines diminuent de façon rigoureuse au fur et à mesure que les dates d'ensemencement passent du mois de mai au début du mois d'août, après quoi plus aucun épi n'est produit.

En ce qui concerne la fléole Engmo, originaire de la Norvège, les différentes dates d'ensemencement entre le 20 mai et le début du mois de juillet ont peu d'effet sur la grenaison et la production de graines pendant l'année

Klebesadel, L.J., 1970

suivante; mais les ensemencements pratiqués après cette date produisent moins d'épis et moins de semences.

La survie à l'hiver a été la meilleure pour les premières dates d'ensemencement et la plus faible pour les dates les plus tardives en fin de saison. La gravité des atteintes de l'hiver a été mise en corrélation avec la latitude d'origine des lignées : ainsi, la fléole Engmo, les deux variétés de brome de l'Alaska (*Bromus pumpellianus* et brome Polar) et le brome Manchar ont montré une grande capacité de survie à l'hiver lorsque l'ensemencement a eu lieu avant la mi-juillet. Pour l'ensemencement estival tardif, le *Bromus pumpellianus* et la fléole Engmo furent les plus résistants, suivis par le brome Polar intermédiaire; le brome Manchar étant le plus faible pour cette survie à l'hiver. L'ensemencement en fin août et au mois de septembre a provoqué la naissance de jeunes pousses avant l'hiver, suivie d'une mortalité importante en raison du gel; pour ainsi dire aucune germination n'a été possible le printemps suivant. Celles qui purent germer furent les lignées adaptées aux conditions nordiques.

Il est nécessaire de procéder à de plus amples évaluations sur l'ensemencement tardif après la mi-septembre pour connaître les conditions de germination du printemps. Toutefois, l'érosion du sol est un risque réel pour les ensemencements d'automne : les graines sont déplacées par les vents d'hiver et par les eaux de fonte au printemps.

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1971

3. Native Alaskan legumes studies (Étude de quelques légumineuses autochtones de l'Alaska).

4. Agroborealis 3(1) : 9-11

5. Original

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska, taïga centrale de l'Alaska, toundra de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, centre du Mackenzie, région du delta du Mackenzie, Yukon; morts-terrains, routes

7. Deux caractéristiques rendent les légumineuses intéressantes : (1) de fortes teneurs en protéines, en vitamines et en sels minéraux (phosphore et calcium) qui en font de bons fourrages; et 2) l'assimilation symbiotique et la fixation de l'azote par des bactéries vivant sur les racines des légumineuses. Environ 2 000 espèces de légumineuses croissent sur le globe terrestre; entre 40 et 50 espèces sont autchtones de l'Alaska. Toutes les légumineuses de l'Alaska sont herbacées et elles appartiennent aux six genres suivants : *Astragalus, Oxytropis, Lupinus, Vicia, Lathyrus* et *Hedysarum*. On les rencontre dans toutes les régions et à toutes les altitudes en Alaska.

De nombreuses légumineuses autochtones sont des espèces pionnières capables de s'installer et de se développer sur des terrains nus et stériles. Le pouvoir de fixation de l'azote permet aux légumineuses de croître sur des sols relativement stériles; ces plantes ont en outre une grande capacité de propagation par semences grâce à diverses propriétés de celles-ci : gousses contenant des graines ailées, graines transportées par les animaux, graines projetées vivement hors de leurs gousses. Le transit des graines dures au travers des voies digestives des animaux augmente la faculté germinative de ces graines. L'enveloppe parfois très dure des graines de certaines légumineuses, courantes en Alaska, doit être scarifiée ou immergée dans une solution concentrée d'acide sulfurique afin d'en augmenter la faculté de germination. Dans les conditions naturelles, l'effet des intempéries brise l'enveloppe dure des graines.

La relative faiblesse à l'ensemencement et la lenteur de l'établissement sont les inconvénients principaux des légumineuses autochtones; on peut y pallier en les ensemençant le plut tôt possible dès le début de la saison. Les légumineuses expérimentées au champ ont montré une grande

Klebesadel, L.J., 1971

résistance aux rigueurs de l'hiver. C'est ainsi que des légumineuses autochtones adaptées à un habitat soumis au vent ont bien survécu dans les pépinières ventées, alors que les graines adaptées aux terrains enneigés ou boisés (habitats protégés) n'ont pas donné d'aussi bons résultats tout en étant meilleures que les variétés agricoles de luzerne, de mélilot ou de trèfle rouge. Les légumineuses *Astragalus harringtonii*, *Astragalus williamsii*, *Oxytropis foliolosa*, *Hedysarum mackenzii*, et *Hedysarum alpinum americanum* ont toutes atteint un pourcentage de survie supérieur à 64%.

On ne possède pas d'informations, originaires de l'Alaska, sur la productivité des légumineuses autochtones en semences. La plupart d'entre elles produisent une assez grande quantité de graines, à l'exception des lupins qui, de plus, sont mal pourvus pour la récolte mécanique de leurs graines dont le mûrissement est progressif le long de chaque gousse.

Le potentiel d'utilisation des légumineuses dans les opérations de constitution de la flore est fondé sur la grande variété des habitats où elles peuvent s'implanter ainsi que sur la faculté qu'elles ont de s'implanter comme espèces pionnières. Les analyses biochimiques du fourrage et l'utilisation qui en est faite par les herbivores indigènes ont montré que les légumineuses ont une production fourragère satisfaisante mais à un degré moindre que les légumineuses agronomiques. Les légumineuses autochtones ont aussi peu de vigueur à l'ensemencement et se développent peu après fauchage. Il faut attendre deux à trois ans pour qu'elle atteignent leur taille adulte. Cependant, les légumineuses cultivées manquent complètement de résistance aux rigueurs de l'hiver. L'auteur a signalé que l'on recherche aujourd'hui quelles sont les légumineuses les mieux adaptées à l'exploitation commerciale, quels sont les cas les plus favorables d'utilisation ainsi que leurs limitations.

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1971

3. Nyctoperiod modification during late summer and autumn affects winter survival and heading of grasses (La modification du nyctipériodisme pendant la fin de l'été et pendant l'automne altère la capacité de survie à l'hiver ainsi que la grenaison des graminées).

4. Crop Science 11 : 507-511

5. Original

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. On sait aujourd'hui qu'à l'intérieur des espèces il existe des écotypes latitudinaux ayant, pour leurs processus de développement, des photopériodismes différents. Sur des cultures expérimentales de variétés subarctiques et tempérées de brome (*Bromus* spp.) de fétuque rouge *(Festuca rubra)* et de pâturin des prés *(Poa pratensis)*, on a pu vérifier que le nyctipériodisme (durée de l'obscurité diurne) influence la taille des jeunes plants, la capacité de survie à l'hiver ainsi que la capacité de grenaison des plantes.

L'allongement de la nyctipériode n'a pas sur la hauteur des plantes une influence différente de celle apportée par une nyctipériode normale pour le brome Polar et pour toutes les variétés de pâturin et de fétuque. Le raccourcissement de la nyctipériode a stimulé la croissance des plantes en hauteur tandis que l'interruption des nyctipériodes normales a stimulé encore plus cette croissance chez toutes les plantes, dont le brome autochtone Alaskan. Toutefois, ce dernier a eu une croissance inférieure à la normale quand il fut soumis à un nyctipériodisme allongé.

Les parcelles ensemencées de variétés adaptées aux climats tempérés ont mieux supporté les rigueurs de l'hiver en Alaska que les écotypes subarctiques. L'interruption de la nyctipériode en automne a stimulé encore plus la croissance en hauteur de même qu'elle a prédisposé les plantes à plus de résistance à l'hiver. Le pâturin des prés Nugget et la fétuque rouge Arctared, soumis à une interruption de leur nyctipériode, n'ont pas souffert de l'hiver. Les deux variétés de pâturin et de fétuque ont moins souffert que celles de brome.

L'allongement de la nyctipériode a amélioré la capacité de survie et de grenaison du brome 'Southland' adapté aux climats tempérés mais a eu un effet nuisible sur le *Bromus pumpellianus* adapté aux climats subarctiques. Soumis à un allongement de sa nyctipériode, le brome autochtone du nord a souffert de l'hiver et n'a pas eu de grenaison. Une exposition à une nyctipériode de 9 à 15 heures semble apporter une capacité maximale de survie à l'hiver et de production de panicules.

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1971

3. Time of planting critical for Alaska grass seed growers. (Époques décisives de plantation à l'intention des producteurs de semences pour l'Alaska).

4. Agroborealis 3(1) : 14-26

5. Original

6. a. Sud-ouest du Mackenzie, centre du Mackenzie, région du delta du Mackenzie, Yukon; morts-terrains, routes

7. Des plantations expérimentales de quatre variétés de brome (autochtone de l'Alaska, Polar, Manchar et Achenbach) et de trois variétés de fléole (Engmo Kentucky) ont été réalisées en Alaska. Chaque espèce a été plantée tous les 10 jours entre le 20 mai et le 15 septembre pendant deux années consécutives. Les résultats ont été analysés en fonction de trois critères : la capacité de survie à l'hiver, la grenaison et la production de semences. Les variétés de brome Polar et autochtone ont bien supporté les rigueurs de l'hiver et ont produit les plus grande récoltes de semences, lorsqu'elles furent plantées au tout début de la période d'ensemencement. Les rendements des ensemencements effectués le 20 juin n'ont atteint que la moitié de ceux du 20 mai et les rangs ensemencés après le 20 juillet n'ont pas donné d'épi au cours de l'année suivante. La variété Manchar a bien résisté à l'hiver mais sa production de graines n'a été que du tiers de celle de la variété Polar. Le brome Achenbach a très souffert des atteintes de l'hiver et n'a produit que peu de semences quelle que fut la date de l'ensemencement.

Quant aux variétés de fléole, la Climax a beaucoup souffert de l'hiver et n'a pas produit de graines, la Clair a été décimée par l'hiver et l'Engmo a bien survécu quelle que fut la date de l'ensemencement. En ce qui concerne la grenaison de la fléole Engmo au cours de l'année suivante, il semble que la date de l'ensemencement, antérieure au mois de juillet, a eu peu d'effet sur celle-ci. Les rendements de semences sont restés à peu près les mêmes pour les cinq ensemencements entre le 20 mai et le 8 juillet; les ensemencements effectués après le 8 juillet avec la fléole Engmo ont donnés des productions en diminution progressive.

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1973

3. Photoperiod/nyctoperiod pattern in autumn critical to grasses in Alaska (Influence de l'ensemble photopériode/nyctipériode d'automne sur les graminées en Alaska).

4. Agroborealis 5(1) : 14-15, 29

5. Original

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, centre du Mackenzie, région du delta du Mackenzie, Yukon; morts-terrains, routes

7. Comme d'autres plantes vivaces, les graminées subissent un certain nombre de processus physiologiques vitaux en réponse aux stimuli extérieurs de l'environnement. Ce phénomène fait partie du développement de leur résistance à l'hiver. Les variations, en fonction de la latitude, de la nyctipériode (durée de l'obscurité) et de la photopériode (durée de l'éclairement pendant le jour) jouent un rôle important sur la période de conditionnement des plantes, laquelle période fait, à son tour, ressentir son effet sur leur résistance à l'hiver. La période chronologique pendant laquelle les photopériodes sont plus courtes que les nyctipériodes, juste avant la venue des conditions hivernales, est bien plus courte dans les latitudes subarctiques que dans les latitudes semi-tempérées. Trois graminées vivaces ont été soumises aux essais; le brome, le pâturin des prés et la fétuque rouge. Chacune de ces espèces comprenait une variété adaptée à l'Alaska et une variété adaptée aux latitudes semi-tempérées.

Les résultats ont montré que les différents rapports éclairement/obscurité influencent différement la croissance des graminées, l'effet le plus frappant étant l'augmentation de la croissance lorsque les nyctipériodes sont interrompues. Dans ce dernier cas, on a interrompu la nyctipériode chaque nuit pendant huit semaines avant la venue du gel : les graminées ont énormément souffert des rigueurs de l'hiver et certaines ont été complètement décimées par l'hiver. D'une manière générale, les graminées adaptées à l'Alaska ont mieux survécu lorsqu'elles furent soumises au rythme quotidien normal d'éclairement/obscurité avant la venue du gel. Les espèces de brome adaptées aux régions semi-tempérées ont une plus faible survie à l'hiver et une croissance vigoureuse lorsqu'elles ont été soumises à des périodes d'obscurité prolongée artificiellement (15 heures) pendant huit semaines avant la venue du gel. Ces résultats montrent bien que les plantes donnent les meilleurs résultats lorsqu'elles sont soumises aux conditions de leur adaptation.

Klebedadel, L.J., 1973

De nombreuses graminées originaires des régions arctiques et subarticques font leurs épis dans les talles souterraines (épiaison) pendant la saison de croissance de l'année précédant celle de la parution aérienne les épis. Par conséquent, les conditions de l'environnement pendant cette période formative peuvent influencer la production des graines. Les graminées nordiques ont produit le plus grand nombre d'épis après avoir été soumises au cycle normal d'éclairement/obscurité auquel elles sont adaptées. L'allongement des nyctipériodes (15 heures) a virtuellement empêché la grenaison chez le brome autochtone de l'Alaska mais a favorisé les variétés adaptées aux conditions méridionales. L'interruption des nyctipériodes a été défavorable à la production des épis pour toutes les graminées. Cela montre bien l'importance de la durée de l'obscurité dans les processus et les étapes du développement de nombreuses espèces.

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1973

3. Grasses and legumes for revegetation in Alaska (Graminées et légumineuses pour la reconstitution de la flore en Alaska).

4. In : Notes d'un groupe de travail sur la reconstitution de la flore en Alaska, 1973, Cooperative Extension Service, Université d'Alaska, Publication M7-N-22612, p. 16-23.

5. Original

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska, taïga centrale de l'Alaska, toundra de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, région du delta du Mackenzie, Yukon; morts-terrains, routes

7. En s'appuyant sur plusieurs années de travaux effectués par des agronomes en Alaska, le présent article énumère et décrit les espèces de graminées et de légumineuses utilisables dans des opérations de reconstitution de la flore. A l'époque de sa parution, il n'existait aucun projet consacré exclusivement à la reconstitution de la flore mais, à l'occasion de travaux réalisés sur les récoltes fourragères, on a recherché les possibilités d'utilisation des végétaux autochtones dans des opérations de reconstitution artificielle et de conservation des sols. La publication *A Vegetative Guide for Alaska* parue en 1972, énumérait les variétés de graminées et de légumineuses à utiliser de préférence dans diverses régions de l'Alaska en fonction du type de sol rencontré, des conditions de développement des plantes ainsi que de l'utilisation ultérieure envisagée. La diversité des conditions édaphiques et climatiques de l'Alaska permet d'affirmer qu'aucune espèce est adaptée à toutes les exigences de reconstitution de la flore. Trois catégories de graminées et de légumineuses sont prises en considération pour de telles opérations de reconstitution végétale : 1) les variétés développés hors de l'Alaska, dont les semences sont abondantes et facilement disponibles mais dont l'utilité varie considérablement en fonction des conditions rencontrées en Alaska; 2) les nouvelles variétés développées en Alaska, bien adaptées mais dont l'approvisionnement en semence est difficile; et 3) les espèces autochtones, sans doute utilisables, mais sans aucun moyen d'approvisionnement sauf, éventuellement, sur les parcelles expérimentales ou sur les stations indigènes ponctuelles.

La propagation la plus simple et la plus facile se fait par ensemencement. Toutefois, en ce qui concerne les espèces à multiplication végétative par l'intermédiaire de rhizomes souterrains, il conviendra d'utiliser la méthode du repiquage de boutures rhizomateuses. Cela implique une opération

de creusement et d'extraction de rhizomes, à couper en petits segments qu'on répand en surface d'une planche de semis préalablement préparée et qu'on enterre par discage. Les segments découpés sont périssables et d'un maniement moins aisé que les semences.

Une variété ou un cultivar d'une espèce végétale est le résultat des sélections des espèces choisies en vue d'obtenir une combinaison des meilleures caractéristiques. Ces variétés portent des noms spécifiques tels que brome Polar ou pâturin des prés Nugget. Ces noms sont importants dans la mesure où ils sont associés à des caractéristiques particulières d'adaptation comme la résistance aux rigueurs hivernales ou la supériorité d'une variété dans une région géographique donnée. La fléole Engmo, par exemple, provenant du nord de la Norvège est de loin l'espèce la plus résistante à l'hiver parmi toutes les autres variétés de fléole.

Plusieurs graminées annuelles et hivernales-annuelles sont parfois bien utiles pour apporter une stabilisation temporaire du sol lorsqu'une zone, en cours de reconstitution de sa flore, a besoin d'une stabilité momentanée à une époque ne correspondant pas à la meilleure époque printanière d'ensemencement des espèces vivaces. Un ensemencement estival d'une espèce annuelle peut permettre d'assurer le contrôle de l'érosion; lors de la saison de croissance suivante, une couverture végétale vivace viendra la remplacer. L'ivraie annuelle et le seigle d'hiver sont des exemples d'espèces annuelles qui, dans les régions intérieures de l'Alaska, devront être ensemencées avant la mi-août. On conseille de ne pas utiliser de légumineuse annuelle en Alaska.

Les graminées vivaces ont deux formes de croissance : en touffes, elles s'étendent peu et chaque plant demeure en bouquet (fléole, chiendent tenu); et en plaques, elles s'étendent par l'intermédiaire de rhizomes souterrains et retiennent mieux le sol que les espèces en touffes (brome, pâturin des prés).

On trouvera ci-après une liste des graminées qui se sont montrées résistantes à l'hiver à l'occasion d'essais expérimentaux en Alaska; elles sont énumérées dans l'ordre décroissant de leur résistance hivernale. Dans cette liste, un astérisque placé après un nom indique que les moyens d'approvisionnement de la semence de la plante en question sont insuffisants, deux astériques indiquent qu'il n'existe pas de source commerciale pour ces semences et qu'il faut aller ramasser ces semences sur les stations indigènes et trois astériques indiquent que l'espèce en question est un piètre producteur de graines et qu'elle peut éventuellement se multiplier de manière végétative.

Klebesadel, L.J., 1973

ESPÈCES EN PLAQUES

Graminées	Nom latin	Variétés
Brome inerme	*Bromus inermis*	Polar*, Carlton, Manchar
Pâturin des prés	*Poa pratensis*	Nugget*, Meriod, Park
Fétuque rouge	*Festuca rubra*	Arctared*, Boreal, Olds
Chiendent des berges	*Agropyron riparium*	Sodar
Vulpin rampant	*Alopecurus arundinaceus*	Garrison
Chiendent commun	*Agropyron repens***	(pas de variétés)
- est une mauvaise herbe en agriculture		
Brome arctique	*Bromus pumpellianus*	(pas de variétés)
- originaire de l'Alaska		
Elyme des sables	*Elymus mollis***	(pas de variétés)
- originaire de l'Alaska		
Pâturin des prés salés	*Poa eminens***	(pas de variétés)
- originaire de l'Alaska		
Hierochloa odorante	*Hierochloe odorata****	pas de variétés
- originaire de l'Alaska		

ESPÈCES EN TOUFFES

Graminées	Nom latin	Variétés
Fléole	*Phleum pratense*	Engmo*
Fétuque durette	*Festuca ovina duriuscula*	Durar
Elymus de Sibérie	*Elymus sibiricus*	(pas de variétés)
- originaire de l'Alaska		
Chiendent arctique	*Agropyron sericeum***	(pas de variétés)
- originaire de l'Alaska		
Chiendent tenu	*Agropyron trachycaulum*	Revenue
- originaire de l'Alaska		
Calamagrostide	*Calamagrostis*	(pas de variétés)
- originaire de l'Alaska	*canadensis***	
Arctagrostide élevé	*Arctagrostis arundinacea*	(pas de variétés)
- originaire de l'Alaska		

Quelques espèces marginales résistantes à l'hiver, utilisées habituellement en Alaska pour les endroits où l'hiver est moins rigoureux, ou lorsque la couverture de neige apporte une certaine isolation, comprennent les éléments suivant :

ESPÈCES EN PLAQUES

Graminées	Nom latin	Variétés
Alpiste roseau	*Phalaris arundinacea*	Frontier
Agrostide blanche	*Agrostis*	(pas de variétés)

Klebedadel, L.J., 1973

ESPÈCES EN TOUFFES

Graminées	Nom latin	Variétés
Vulpin agreste	*Alopecurus pratensis*	(pas de variétés)
Chiendent huppé	*Agropyron desertorum*	Summit

Les légumineuses sont intéressantes en raison de leur capacité de fixer l'azote. Certaines légumineuses se propagent par rhizomes souterrains (vesce craque) ou par stolons superficiels (trèfle blanc) tandis que d'autres ne se propagent pas du tout. Certaines ont de grandes racines pivotantes (mélilot), d'autres ont un système racinaire fibreux (trèfle hybride). Les légumineuses ont, jusqu'à maintenant, joué un moins grand rôle que les graminées devant les opérations de reconstitution de la flore en Alaska; cette tendance devrait changer avec l'augmentation de la disponibilité de légumineuses résistantes à l'hiver. Les programmes de sélection botanique de l'Institute of Agricultural Sciences, Université de l'Alaska, ont permis de développer des variétés ayant une résistance à l'hiver supérieure mais l'approvisionnement en semences est encore insuffisant.

La liste des légumineuses vivaces introduites en Alaska comprend les éléments suivants :

LÉGUMINEUSES INTRODUITES

Légumineuses	Nom latin	Variétés
épandage à sec:		
Vesce craque	*Vicia cracca*	(pas de variétés)**
Trèfle blanc	*Trifolium repens*	
techniques mixtes:		
Luzerne	*Medicago sativa*	Denali*
Luzerne en faux	*Medicago falcata***	(pas de variétés)
Autres que l'épandage :		
Mélilot blanc	*Melilotus alba****	
Mélilot jaune	*Melilotus officinalis****	
Trèfle hybride	*Trifolium hybridum*	Aurora
Trèfle des prés	*Trifolium pratense*	Alaskland

Les légumineuses autochtones vivaces jouent un rôle important dans les opérations de reconstitution de la flore où des végétaux primaires précèdent toute autre végétation, stabilisent le sol et en augmentent la fertilité. Cependant, les légumineuses autochtones diffèrent considérablement quant à leur adaptation à des habitats spécifiques : il conviendra donc de bien faire attention à la sélection des légumineuses pour chaque station particulière. La liste ci-après donne quelques légumineuses

Klebesadel, L.J., 1973

vivaces indigènes de l'Alaska, qui n'ont ni variétés ni sources commerciales d'approvisionnement en graines :

Lupins :	
lupin arctique	*Lupinus arcticus*
lupin de Nootka	*Lupinus nootkatensis*
lupin à grandes feuilles	*Lupinus polyphyllus*
Astragales :	
astragale américain	*Astragalus americanus*
astragale de Williams	*Astragalus williamsii*
astragale alpestre	*Astragalus alpinus*
astragale de Harrington	*Astragalus harringtonii*
astragale strié	*Astragalus striatus*
astragale du Yukon	*Astragalus yukonis*
Sainfoins :	
sainfoin alpestre	*Hedysarum alpinum americanum*
sainfoin du Mackenzie	*Hedysarum mackenzii*
Oxytropes :	
oxytrope Koyukuk	*Oxytropis koyukykensis*
oxytrope agreste	*oxytropis campestris*
Gesses :	
Gesse des côtes	*Lathyrus maritimus*

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1974

3. Winter stresses affecting overwintering crops in the Matanuska Valley (Les rigueurs hivernales dont souffrent les cultures en hivernage dans la vallée du Matanuska).

4. Agroborealis 6(1) : 17-20

5. Original

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. La destruction des cultures fourragères vivaces par le froid, dans la région centre sud de l'Alaska est provoquée par la rigueur des froids violents supportés par les plantes et est modulée selon le degré de préparation desdites plantes (variations physiologiques et biochimiques) pour l'hiver.

La violence des contraintes imposées par l'environnement extérieur provoque la destruction partielle ou totale des cultures par le froid; un ou plusieurs facteurs peuvent intervenir : la très forte amplitude des températures et/ou la chute brutale de la température; l'accumulation des glaces; la vitesse et la durée du vent; et la présence ou l'absence d'une couche de neige. On ne connaît pas encore les causes exactes de cette destruction par le froid.

La couverture de neige possède un certain nombre d'avantages : elle apporte une isolation thermique, empêche l'évapo-transpiration des plantes et du sol en hiver et apporte de l'humidité au moment de la fonte au printemps. En tant qu'isolant thermique, une couche de neige ayant 8 pouces d'épaisseur maintient la température de la surface du sol aux alentours de -1.11° C (30° F) lorsque la température de l'air ambiant descend jusqu'à -31.11° C (-24° F). Ainsi, les champs couverts de chaume ou d'herbes vivaces élevées retiennent, contre la violence des vents, une couche de neige protectrice qui empêche la destruction des plantes par le froid et permet le rétablissement de la croissance dès le printemps suivant.

La glace n'a pas le même capacité d'isolation thermique que la neige. L'accumulation des eaux de ruissellement dans les creux et les régions basses couvertes de cultures fourragères donne lieu à la formation de bassins de glace qui détruit la végétation par le froid et l'étouffement. La couche imperméable de glace empêche la diffusion gazeuse, provoquant

Klebesadel, L.J., 1974

ainsi une accumulation toxique des effluents respiratoires à l'intérieur des végétaux pris sous la glace. Lorsque le chaume (qui est évidé) parvient à émerger au-dessus de la couche de glace, il apporte ainsi des orifices pour la diffusion gazeuse et la fonte de la glace commence plus tôt autour du chaume. La présence de critaux de glace dans la couche superficielle du sol peut entraîner le soulèvement des jeunes pousses et des légumineuses à racines pivotantes : on constate ce phénomène surtout dans les sols argileux et limoneux plus que dans les sols sablonneux.

Les vents violents arrachent la couche protectrice de neige, déshydratent les tissus des végétaux mis à nus, influencent de façon négative l'équilibre hydraulique et contribuent à l'érosion de la surface du sol desséché par évapo-transpiration.

Les plantes se portent mieux si la température reste basse et relativement constante pendant l'hiver. Les effets négatifs se font sentir lorsque les vents, soufflant pendant longtemps, arrachent ou font fondre la neige. L'eau qui en résulte gèle et forme des plaques ou des bassins d'accumulation de glace. L'importance de l'exposition a aussi une influence remarquable sur la survie des plantes : une parcelle de luzerne, protégée contre le vent, a subi une perte d'environ 33% alors qu'une autre parcelle non-protégée a été détruite à 90%.

Il est nécessaire de poursuivre les recherches sur les causes spécifiques de la destruction des végétaux par le froid ainsi que sur l'interaction des facteurs de contrainte de l'hiver, au niveau des micro-climats en particulier.

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1974

3. Sweet holygrass, a potentially valuable ally. (Une alliée de valeur, la hiérochloa odorante).

4. Agroborealis 6(1) : 9-10

5. Original

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska, taïga centrale de l'Alaska, toundra de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. Le domaine naturel de la hiérochloa odorante *(Hierochloe odorata)* en Alaska est estrêmement étendu. Elle est commune dans la partie méridionale de l'état et plus rare dans le nord, mais on la rencontre jusqu'au 70° N, à proximité des côtes arctiques. Cette graminée, ainsi que la hiérochloa alpestre *(Hierochloe alpina)* et la hiérochloa arctique *(Hierochloe pauciflora)*, toutes deux rencontrées aussi en Alaska, se multiplie en émettant des propagules souterraines (rhizomes) avec une rapidité étonnante et ne se pelotonne pas comme certaines autres graminées. Celle-ci, dont le système foliacé est peu fourni et peu dense, peut être malgré tout bien utile pour la stabilisation du sol. Elle a donc cette capacité inhérente de développer rapidement des propagules pour former une couverture végétale au dessus du sol et pour le retenir au moyen de son système racinaire. Elle nécessite cependant un entretien minimum en raison de la faible hauteur de son système aérien. Une photographie représente un plant de hiérochloa odorante qui fut transplanté en juin 1968, alors qu'il mesurait environ 1 pouce et qui, en juillet 1969, avait recouvert une surface de 10 pieds carrés et, en septembre 1970, retenait le sol sur une superficie supérieure à 50 pieds carrés.

La hiérochloa odorante produit peu de graines et sa prolifération réussit mieux par bouturage végétatif. Il faut alors récolter des rhizomes ou des stolons (tiges rampantes en surface) vivants, les débiter en segments courts et replanter ces propagules en terre. La prolifération végétative a plusieurs avantages : (1) elle permet de contourner le risque de la dispersion des graines; (2) la récole des propagules peut être faite pendant une grande partie de la saison de croissance; (3) le bouturage par segments s'établit plus facilement et produit de nouveaux plants plus vigoureux que ceux provenant de graines; et (4) les boutures de segments peuvent être enterrées par discage plus profondément que les graines; les conditions d'humidité sont alors plus favorables et permettent une croissance précoce.

Klebesadel, L.J., 1974

Les inconvénients de la prolifération végétative sont : 1) le volume excessif du produit qui, comparativement aux graines, est plus susceptible de se dessécher pendant sa manipulation; 2) les boutures végétatives ne peuvent pas être stockées pendant longtemps; 3) le transport des propagules vers des régions éloignées et leur repiquage en terrain rocailleux sont plus difficiles qu'avec les graines; et 4) il faut disposer d'un matériel spécial pour effectuer cette propagation végétative.

Du point de vue phénologique, la hiérochloa odorante est l'une des graminées de l'Alaska les plus précoces car ses épis apparaissent au début du mois de mai, presque en même temps que le début de la croissance vernale des plants. La pollinisation commence à la fin du mois de mai et la graine est mûre entre la fin du mois de juillet et le début du mois d'août. Cette particularité de l'épiaison avant l'hiver permet l'apparition précoce des épis le printemps suivant et il en résulte une meilleure utilisation de la saison de croissance courte.

Des recherches complémentaires sont en cours pour déterminer si ces aptitudes propres à la hiérochloa odorante pour la stabilisation des sols peuvent être mises à profit.

1. KLEBESADEL, L.J.

2. 1976

3. Early planting is important to Alaska growers of bluegrass and red fescue seed (Importance de l'ensemencement précoce pour les producteurs de semences de pâturin et de fétuque rouge).

4. Agroborealis 8(1) : 22-24

5. Original

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. Des ensemencemnts de pâturin Nugget *(Poa pratensis)* et de fétuque rouge *(Festuca rubra)*, répartis en 7 dates différentes espacées de 10 jours environ entre la fin du mois de mai et le début du mois de juillet ont montré que ces graminées devraient être plantées le plus tôt possible pour obtenir les meilleurs rendements de graines l'année suivante. On a aussi remarqué que la taille des individus au début de l'hiver est fonction de la date de l'ensemencement : les plants ensemencés en fin mai furent les plus grands et les plus vigoureux, et les premiers plants ensemencés sont ceux qui ont produit les plus grandes quantités d'épis l'année suivante. La première date de plantation sur la parcelle expérimentale en Alaska fut le 25 mai.

La croissance de ces graminées a impliqué le développement de talles autour de la couronne originale de la jeune pousse. Le nombre de talles produites par chaque plant est proportionnel au temps écoulé entre l'apparition de la graine et la cessation de la croissance à cause du gel. Ce n'est qu'au cours de la deuxième année que quelques talles s'allongent à l'intérieur des tiges et portent des épis avec des graines. Le nombre d'épis par plant diminue nettement chaque fois que la date de l'ensemencement avance de 10 jours.

Une étude préliminaire a révélé que le brome devrait aussi être planté dès que possible si l'on veut obtenir la meilleure récolte de graines. Cette étude, portant sur 2 années, a montré que le brome Polar, adapté aux conditions subarctiques, ensemencé vers le milieu du mois de mai a produit environ deux fois plus de graines que la même espèce ensemencée au début du mois de juillet. Toutefois, les ensemencements expérimentaux de fléole Engmo, adaptée aux conditions nordiques, ont eu peu de répercussion sur les rendements de graines correspondant aux ensemencements effectués entre mai et juin de l'année précédente; par contre, la production de graines a diminué pour les ensemencements réalisés à partir du début du

Klebesadel, L.J., 1976

mois de juillet. Ces résultats montrent bien que des graminées différentes réagissent différemment à une série commune de traitements expérimentaux.

L'ensemencement de graminées avec des graines de céréales-abri présente l'avantage d'avoir une culture de céréale ou de paille dans le même temps que la graminée s'établit, mais les effets de la concurrence, à cause de la présence d'une culture abri, peuvent aussi limiter le développement des jeunes plants de graminées et, par conséquent, réduire le rendement de graines l'année suivante.

1. KLEBESADEL, L.J., C.I. BRANTON et J.J. KORANDA

2. 1962

3. Seed characteristics of bluejoint and techniques for threshing (Caractéristiques des semences du calamagrostis et techniques de battage).

4. Journal of Range Management 15 : 227-229

5. Original

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska, taïga centrale de l'Alaska, toundra de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, centre du Mackenzie, région du delta du Mackenzie, Yukon; morts-terrains, routes

7. De tous les roseaux communs, l'espèce *Calamagrostis canadensis* est la plus largement répandue et la plus abondante en Alaska. Elle est extrêmement résistante à l'hiver, s'étend par un réseau souterrain de racines et envahit facilement les terrains brûlés où ses graines ont été poussées par le vent.

Les études expérimentales traitées dans le présent article ont permis de remarquer que les graines de calamagrostis peuvent être facilement battues et extraites de leurs glumes qui ont de nombreux poils calleux qu'il faut écarter. Le matériel végétal doit être parfaitement sec si l'on veut obtenir le maximum d'efficacité lors du traitement. La graine du calamagrostis est extrêmement petite : environ 3 681 000 graines/lb.

Selon un compte rendu, on a pu réaliser un bon battage avec une batteuse en travers équipée de battes métalliques caoutchoutées fixées, sur toute leur longueur, au batteur et au contre-batteur. Les réglages de cette machine à battre étaient les suivants : jeu entre batteur et contre-batteur - 0; vitesse du cylindre batteur - 1 480 t/mn; ouverture de fenêtre arrière - 1/4 de pouce (6.35 mm). Ventilateur hors service.

Une seconde machine, la Ball Hammer, Modèle N°. 1-Moderne, équipée de six marteaux articulés, a donné de bons résultats pour le traitement de plusieurs graminées indigènes dont le *Calamagrostis* qui conserve des appendices indésirables lors d'un battage normal. Pour obtenir le meilleur rendement, il convient d'alimenter la machine à sa pleine capacité. Les réglages de cette batteuse à marteaux étaient : 1 200 t/mn, un crible percé de trous ronds de 1/2 pouce (12.7 mm) de diamètre et qui détache 60% des caryopses et supprime 30% des poils calleux.

Les essais de germination avec des caryopses ainsi battues ont donné une faculté germinative de 60% à 70% après une période de 21 jours.

1. KLEBESADEL, L.J. et J.C. BRINSMADE

2. 1966

3. Responses of two alfalfas (*Medicago sativa* L. et *Medicago falcata* L.) to time and rate of potassium application in the Subarctic. (Comportement de deux luzernes (*Medicago sativa* L. et *Medicago falcata* L.) en fonction de l'époque et de la quantité d'épandage de potassium en région subarctique).

4. Agronomy Journal 58 : 545-549

5. Original

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. Sur la station agricole expérimentale de College Farm, près de Fairbanks, Alaska, on a mesuré les effets sur la luzerne de l'épandage de potassium, en fonction de l'époque et de la quantité appliquée. Des épandages annuels à raison de 0, de 42 et de 166 lb de K/acre ont été réalisés soit au printemps, soit au milieu de l'été, et comparés sur les deux luzernes *Medicago sativa*, variété 'Vernal' et *Medicago falcata*.

Les parcelles des deux luzernes se sont dégradées rapidement pendant la période de l'étude entre 1959 et 1962. Les pertes ont été dues principalement aux effets du froid, surtout pour la variété 'Vernal' et il n'y a pas eu un effet particulier de l'épandage de la potasse.

Cependant, les traitements au potassium à raison de 166 lb/acre ont donné des résultats supérieurs à ceux de 42 lb/acre. La teneur des plantes en protéines a été peu influencée : elle diminue proportionnellement à l'augmentation du taux d'application du potassium. L'espèce *Medicago falcata* a eu de plus fortes teneurs en protéines que la variété 'Vernal'.

Les quantités de potassium libre dans le sol n'ont pas beaucoup varié sous l'apport des traitements jusqu'à la troisième saison de récolte où les différences sont alors marquées dans les parcelles qui ont reçu les plus fortes doses de potassium.

1. KLEBESADEL, L.J. et R.I. TAYLOR

2. 1972

3. New Alaskan grasses excel in winterhardiness (Les nouvelles graminées de l'Alaska ont une excellente résistance aux rigueurs hivernales).

4. Agroborealis 4(1) : 9-10

5. Original

6. a. Alaska; taïga méridionale de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. Les graminées adaptées au climat subarctique de l'Alaska ont été sélectionnées à partir d'espèces végétales et d'écotypes qui se développent localement. Dans le cadre de l'Institute of Agricultural Sciences, Alaska, des agronomes travaillent depuis une quinzaine d'années à préparer des espèces pouvant être utilisées en Alaska.

Les graminées adaptées aux conditions de l'Alaska ont une nette supériorité sur les graminées adaptées aux latitudes plus méridionales : elles ne sont pas détruites par le froid de l'hiver, même dans des conditions rigoureuses comme pendant l'hiver 1970-1971. Le pâturin Nugget et le brome Polar sont deux graminées adaptées aux conditions subarctiques et ont une très grande résistance à l'hiver. Apparu au Canada en 1963, le brome inerme Redpatch planté sur des parcelles expérimentales a énormément souffert des rigueurs hivernales pendant l'hiver 1970-1971. Les régions plantées d'espèces inadaptées et partiellement détruites par le froid sont prédisposées à l'invasion des mauvaises herbes aux endroits où ne restent que des graminées mortes.

1. KLEBESADEL, L.J. et R.L. TAYLOR

2. 1973

3. Research progress with alfalfa in Alaska (Les progrès de la recherche sur la luzerne en Alaska).

4. Agroborealis 5(1) : 18-20

5. Original

6. a. Alaska, taïga méridionale de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukom méridional; morts-terrains routes

7. L'utilisation de la luzerne en Alaska a été longtemps limitée par la faible capacité de survie de cette légumineuse à l'hiver. A l'exception de la luzerne en faux *(Medicago falcata)* les diverses variétés expérimentales provenant de toutes les régions du monde ont manifesté un manque certain d'adaptation aux conditions hivernales de l'Alaska. Malgré sa robustesse aux rigueurs de l'hiver, la luzerne en faux souffre encore de maladies de jeunesse : ses graines ne sont pas commercialiées sur le marché, elle n'a que de faibles rendements de graines, sa capacité d'établissement est limitée en raison du manque de vigueur des jeunes pousses; enfin, elle concurrence très mal les graminées fourragères.

On a bien essayé de faire des croisements entre la luzerne en faux résistante et d'autres variétés : les lignées hybrides produites, si elles sont très résistantes à l'hiver, ont les mêmes insuffisances que la variété en faux.

On a aussi tenté d'améliorer l'adaptation de la luzerne aux conditions de l'Alaska en amendant les sols. On a ainsi remarqué que le chaulage accélère la croissance de la luzerne lorsque les sols sont acides (en général, pH<5.0) mais aussi qu'il n'a aucun effet sur la capacité de survie à l'hiver. L'épandage de potassium, même en grande quantité, n'a pas, non plus que le chaulage, amélioré la croissance ni la production de fourrage. Les différentes lignées bactériennes de *Rhizobium* qui ont été inoculées n'ont pas eu d'effet notable sur la culture.

L'observation de plusieurs plants anciens de luzerne, provenant de la vallée du Matanuska, centre méridional de l'Alaska, a permis de mettre en évidence que la racine pivotante principale de chaque plant a été brisée à un moment ou à un autre et qu'un système racinaire de surface s'est développé par le biais de racines latérales fortes. Toutefois, la rupture expérimentale de la racine pivotante n'a eu aucun effet sur la survivance des plants à l'hiver.

Klebesadel, L.J., et R.L. Taylor, 1973

Les plants survivants de luzerne ont été ensuite repiqués sur une pépinière spéciale où la pollinisation des plantes possédant les caractères évidents d'adaptation aux régions subarctiques fut prise en charge par des abeilles. La lignée nouvelle qui en sortit, appelée A-syn.B, a une robustesse à l'hiver supérieur, si on la compare aux autres variétés allochtones de l'Alaska. L'amélioration de sa survivance hivernale est due à sa très grande capacité de stocker d'importantes réserves nutritives dans ses racines avant le début de l'hiver et à sa résistance au choc des basses températures. Une autre lignée, appelée A-syn.C, a aussi une bonne survivance à l'hiver. Elle a été sélectionnée à partir d'une autre base phytogénétique. Les réserves génétiques de semences de ces deux lignées sont très réduites à l'heure actuelle et des recherches d'amélioration sont encore en cours.

1. KLOCK, G.O., A.R. TIEDEMANN et W. LOPUSHINSKY

2. 1975

3. Seeding recommendations for disturbed mountain slopes in north central Washington (Recommandations pour l'ensemencement des pentes montagneuses perturbées dans le centre nord de l'état de Washington).

4. Ministère américain de l'agriculture, Service des forêts, Portland, Oregon. Compte rendu de recherche PNW-244. 8 p.

5. Original

6. a. Washington; montagnes côtières

   b. Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. Des espèces végétales autochtones et d'autres introduites ont été soumises à des essais pour contrôler leurs capacités respectives de s'établir sur des sols perturbés situés à des altitudes différentes, entre 4 100 et 6 560 pieds (1 250 m et 2 000 m), sur le versant oriental des Montagnes Cascade dans le centre nord de l'état de Washington. Après les grands incendies de forêt en 1970, on perça des tranchées parefeu avec des tracteurs qui furent aussi utilisés pour les opérations de nettoyage. L'importance des perturbations variait du niveau minimum, avec une végétation de surface à peine touchée, au niveau extrême où toute la végétation avait complètement disparu.

On procéda au plus tôt à l'installation d'une formation végétale par ensemencement et par fertilisation de 926 acres (375 ha) pour assurer le contrôle de l'érosion, à raison de 6 à 9 lb/acre. Le mélange des semences comprenait du dactyle pelotonné *(Dactylis glomerata)*, de la fétuque durette (*Festuca ovina* var. *duriuscula*), de la fléole *(Phleum pratense)* et du mélilot *(Melilotus officinalis)*. On procéda à l'épandage d'urée à raison de 70 lb/acre (soit 78 kg/ha). Les semences et l'engrais furent tous les deux épandus par hélicoptère. Au mois de septembre 1971, on constata que l'ensemencement avait donné naissance à peu de jeunes plants, notamment aux plus hautes altitudes et sur les sols de ponce très perturbés.

Une étude a démarré en 1971 pour déterminer la capacité de diverses plantes de s'établir sur ces tranchées parefeu. En septembre 1971, on a ensemencé 40 espèces végétales sur des parcelles expérimentales : 100 semences/pied carré pour les petites graines et 40 semences/pied carré pour les grosses. Un engrais au sulfate et au phosphate d'ammonium fut épandu à raison de 300 lb/acre.

Klock, G.O., A.R. Tiedemann et W. Lopushinsky, 1975

Deux ans plus tard, quatre plantes vivaces s'étaient établies de façon satisfaisante sur toutes les parcelles : le dactyle pelotonné, la fléole, l'ivraie vivace et le brome inerme. Leurs sytèmes foliacés couvraient plus de 20% de la surface du sol, que les espèces fussent plantées individuellement ou en mélange. La fétuque élevée a aussi fourni une bonne couverture superficielle mais a gelé en 1973 dans les parcelles les plus élevées. Le degré de réussite de la plupart des espèces a diminué proportionnellement à l'élévation en altitude.

Le seigle fut la seule plante céréalière annuelle qui ait pu s'implanter de façon satisfaisante. Son premier avantage est qu'elle produit une énorme quantité de matière sèche qui fournit ainsi une protection immédiate au-dessus du sol pouvant, après quelques années, améliorer le microclimat édaphique. Dans le cas de sols particulièrement inhospitaliers, le seigle devrait favoriser l'établissement d'autres espèces autochtones notamment.

L'incapacité de nombreuses espèces de s'établir aux plus hautes altitudes provient de leur sensibilité aux dommages subis à cause du boursouflement par le gel, aux froides températures du sol et de l'atmosphère, à la rapidité de la saison de croissance ainsi qu'à la grande quantité des radiations solaires. Les sols de pierre ponce perturbés de cette région ont une texture grossière qui rend difficile le contact entre le sol et les semences, réduisant ainsi le bénéfice de l'humidité. Les légumineuses ont peu poussé : ceci peut être attribué à l'absence de micro-organismes, puisque les semences n'ont pas été préalablement inoculées. L'auteur considère qu'il serait bon d'étendre les recherches sur les légumineuses.

L'ensemencement de mélanges de graines a donné lieu à une moins bonne croissance que l'ensemencement d'une seule espèce et les plantes vivaces ont produit leur plus grande couverture végétale sur les parcelles portant les mélanges d'espèces. La fertilisation a nettement favorisé l'apparition des jeunes pousses, l'établissement des plantes et la formation de la couverture végétale du sol. Les techniques de recouvrement des graines, soit par hersage doit par paillage, ont augmenté le degré de réussite de l'opération, en particulier sur les parcelles les plus hautes.

Il est possible que l'échec du premier ensemencement après l'incendie soit dû aux perturbations périodiques causées par le passage de tracteurs, à la faiblesse du taux d'ensemencement, au caractère tardif de l'ensemencement en fin d'automne pour de telles altitudes, au boursouflement provoqué par le gel ainsi qu'à la dispersion accrue des semences due aux rafales de vent produites par l'hélicoptère.

L'ensemencement d'espèces autochtones doit être encouragé. Cependant, les espèces autochtones ne s'étendent pas assez rapidement pour assurer le contrôle de l'érosion et il reste aussi la question de l'approvisionnement en semences.

1. KLYM, D.J. et C.B. BERRY

2. 1976

3. Reclamation of mined lands, Great Canadian Oil Sands Ltd. lease site, Tar Island, Alberta (Mise en état de terrains miniers, zone de production de la Great Canadian Oil Sands Ltd., Tar Island, Alberta).

4. In : Comptes rendus de la séance inaugurales de l'Association canadienne pour la mise en valeur des terres, Service scientifique des cultures, Collège d'agriculture de l'Ontario, Université de Guelph, Guelph, Ontario. p. 77-84.

5. Original

6. a. Alberta; taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. Le programme de mise en valeur, de la société Great Canadian Oil Sands Ltd., vise à assurer le contrôle à court terme de l'érosion et à établir à long terme une couverture végétale auto-suffisante. La technique d'extraction des huiles employée rejette de grandes quantités de sables résiduels qui sont amassés sous forme de dykes et de terrils détritiques de morts-terrains. Ces résidus d'extraction ont une texture fine, un pH élevé oscillant entre 8.0 et 8.5, une faible teneur en éléments nutritifs et une faible capacité de rétention de l'humidité. Les terrils de morts-terrains sont en général salins, à pH neutre par valeurs supérieures, ont une forte proportion d'argile, contiennent peu de matières organiques, sont infertiles et peuvent parfois contenir des sables bitumineux.

Un premier amendement a été effectué par incorporation de muskeg sur les terrils de morts-terrains et de sables résiduels. Une couche de quatre pouces d'épaisseur de muskeg et d'engrais a été incorporée dans les sables à l'aide d'un cultivateur rotatif. Au départ, on procéda à un hydro-ensemencement auquel on préféra par la suite le semoir Brillion Grass. Les terrils de morts-terrains sont traités soit par discage, soit par hersage pour l'incorporation des engrais et du muskeg dans la surface des pentes.

Les mélanges de semences contiennent du brome, du chiendent huppé, de la fétuque rouge rampante, du chiendent tenu, du mélilot, du trèfle hybride et de la luzerne. On planta les graminées et les légumineuses ensemble. Les graminées constituèrent 50% de la couverture végétale à la fin de la seconde saison de croissance et la fétuque rouge rampante dominait

Klym, D.J. et C.B. Berry, 1976

dans certains cas. Quelques espèces autochtones envahissent les graminées et on remarque aussi des cas de développement volontaire d'autres espèces végétales qui proviennent, pense-t-on du muskeg.

Après scarification de la couverture végétale établie de graminées et de légumineuses, on procéda à la plantation d'arbres et d'arbustes, à la densité de 430 arbres/acre et à raison de 2 conifères pour 1 arbre à feuillage caduc. Les jeunes plants furent plantés à la main et arrosés. Le nombre des plants survivant a augmenté avec l'amélioration des méthodes utilisées et comme des espèces adaptables devenaient disponibles. Le manque d'humidité et les dommages causés par les orignaux ont été les causes principales de la mortalité des arbres et des espèces arbustives.

Les auteurs énumèrent quelques-unes des connaissances qu'il conviendrait d'élargir : 1) quelles sont les méthodes les plus appropriées pour la manipulation et l'entreposage du muskeg et quels sont les effets de l'entreposage sur le muskeg; 2) intensification des recherches expérimentales sur les espèces autochtones, sur les techniques de production de semences et sur l'opération et l'établissement de sources d'approvisionnement de semences; 3) recherche de moyens pour contrôler le ruissellement de surface sur les banquettes de résidus et sur les pentes; et 4) faire un inventaire des réserves de muskeg et/ou de terre de surface pour l'exécution de projets de mise en valeur extensive.

On projette, de façon très réaliste, de procéder dans les cinq années qui viennent à des opérations de mise en valeur de dykes et de terrils détritiques couvrant une superficie de 200 acres sur lesquels on plantera plus de 100 000 arbres et arbustes.

1. KNABE, W.

2. 1965

3. Observations on world-wide efforts to reclaim industrial waste land. (Quelques remarques au sujet des tentatives internationales pour la mise en valeur des terrains détritiques industriels).

4. In : G.T. Goodmann, R.W. Edwards and J.M. Lambert (Éditeurs), Ecology and the Industrial Society, 5e Symposium de la British Ecological Society, John Willey and Sons, New York, p. 263-296.

5. Original

6. a. Tous les pays

   b. Territoires du Nord-ouest, Yukon; morts-terrains

7. L'auteur fait un résumé des études qui ont été faites sur des processus de restauration naturelle de la végétation. A la vue des premières plantes qui apparaissent sur des terrains nus, on peut penser que certaines de ces zones pourraient être soumises, avec succès, à des opérations de plantation. Plus la colonisation végétale naturelle est développée et plus le "sociologue botaniste" pourra facilement évaluer les qualités essentielles du site. Il ne faudra pour autant pas conclure à la hâte; en effet, les espèces pionnières sont résistantes à une gamme étendue de conditions particulières à leur environnement et n'indiquent pas nécessairement une ou plusieurs propriétés caractéristiques de la station où on les rencontre. Dans d'autres cas, il peut se faire que des espèces pionnières prennent racine en surface dans une couche de terre très fine, là où des arbres ne réussiront pas à prendre, car ils font des racines plus profondément dans une terre dépourvue d'éléments toxiques.

Certains sites sans végétation naturelle peuvent éventuellement être plantés mais ne conviennent pas à la germination de semences. En conséquence, la plantation de bouleaux, d'aulnes ou de sapins sur de petites parcelles expérimentales pourra être très justifiée. Quelque souhaitable qu'il soit d'étudier les qualités du site avant de procéder aux plantations, l'agent forestier ne peut pas toujours attendre les résultats des relevés et des évaluations scientifiques concernant le site en question.

Les facteurs inhibiteurs de la végétation sont bien souvent immédiatement repérables au moment d'une inspection du substrat porteur lui-même. Dans certains cas, il sera nécessaire de procéder à des analyses de laboratoire plus détaillées.

Knabe, W., 1965

La forte réactivité du sol est, dans bien des cas, le premier facteur contraire à la reconstitution naturelle de la flore sur les résidus industriels. Les plantes sont en général résistantes à une quantité limitée d'ions hydrogène de telle sorte que les valeurs de pH inférieures à 3.5 et supérieures à 8.5 tuent la plupart des espèces. Fort heureusement, ces cas extrêmes sont rares dans les conditions naturelles des climats humides car ces ions, capables de produire de tels extrêmes d'acidité ou d'alcalinité, sont aussi très solubles dans l'eau et sont donc entrainés par les eaux de pluie. Ceci est vrai tant pour les anions chlorure et sulphate que pour les cations sodium et potassium.

Au cours de son analyse des tentatives de mise en valeur de terrains détritiques industriels, l'auteur souligne trois modes différents d'approche :

(1) Accepter les conditions du site telles qu'elles sont lorsque la zone détritique a été abandonnée par l'industrie et planter cette zone avec des espèces pionnières ayant peu de besoins.

(2) Modifier les endroits les pires en remodelant les profils et en amendant le sol avant ou après la plantation.

(3) Avant de procéder au déplacement des terrains détritiques, planifier en fonction de l'utilisation future attendue; restaurer la fertilité du site qui, ainsi, deviendra à nouveau productif.

1. KUC, M.

2. 1972

3. The response of toundra plants to anthropogenic habitats in the High Arctic (Le comportement de la végétation de toundra en réponse aux influences anthropiques dans le Haut Arctique).

4. Etude gélogique du Canada, Article 72-1, Partie B : 105-112

5. Original

6. a. Îles Reine-Elisabeth; toundra canadienne

   b. Îles arctiques; morts-terrains, routes

7. On a ainsi étudié les variations subies par des biotopes arctiques des Îles Melville et Cornwallis où des habitats anthropiques ont été installés. On put donc rassembler des informations sur les plantes autochtones pouvant être utilisées dans des opérations de réhabilitation d'environnements perturbés à cette latitude.

Il a fallu établir une classification des interactions entre la végétation et les sols perturbés dans l'environnement typique de la toundra; elle comprend trois catégories principales :

1. Les plantes hémérophiles (qui envahissent assez rapidement les habitats anthropiques où elles manifestent un meilleur développement que dans les habitats naturels) - cette classe est divisée en deux sections : (1) les plantes vasculaires luxuriantes ayant une biomasse extensive, un système racinaire extrêmement développé et une reproductivité de graines accrue; et (2) les spécimens qui se développent le mieux dans les terrains anthropiques. Parmi les plantes vasculaires du premier groupe on remarque *Arctagrostis latifolia, Juncus biglumis, Phippsia algida, Poa abbreviata* et *Puccinellia angustata*. Le second groupe est composé de *Alopecurus alpinus, Cerastium arcticum, Cochlearia officinalis, Deschampsia brevifolia, Dupontia fisheri, Draba bellii, Festuca brachyphylla, Poa alpigena* var. *colpodea, Oxyria digyna, Ranunculus nivalis, Saxifraga cernua* et *Stellaria lactea*.

2. Les plantes héméradiaphores (qui semblent très proches sinon identiques aux spécimens rencontrés dans les habitats naturels) comme *Papaver radicatum* et *Potentilla pulchella*.

Les plantes hémérophiles et les héméradiaphores énumérées ci-dessus paraissent convenir à des opérations de culture dans les conditions du Haut Arctique. Leurs sytèmes racinaires importants empêchent l'érosion

des terrains plats ou inclinés et protègent les sols limoneux tendres contre le bombardement des gouttes de pluie. Elles ont d'abondantes inflorescences lorsque leurs graines sont bien développées. Ces propriétés biologiques sont caractéristiques des plantes qui pourraient être éventuellement utilisées pour la régénération des terrains mis à nus par certaines perturbations.

3. Les plantes hémérophobes sont celles qui appartiennent aux communautés avoisinantes et n'ont pas réintégré leurs premiers habitats, sinon sous forme d'individus appauvris.

1. LAIDLAW, T.F.

2. 1974

3. The potential of tembling aspen for reclamation planting in Alberta: some techniques of propagation (Les potentialités du peuplier-tremble pour les plantations de reconstitution de la végétation dans l'Alberta : quelques techniques de multiplication).

4. In : D. Hocking and W.R. MacDonald, Éditeurs, Travaux sur la régénération des terres perturbées en Alberta, rapport NOR-X-116 du Centre d'Information des Recherches dans les Forêts septentrionales, Edmonton, pages 88/92

5. Original

6. a. Alberta; Taïga Canadienne, Montagnes Rocheuses

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts terrains

7. Le peuplier-tremble *(Populus tremuloides)* présente de grandes potentialiéts pour la régénération des sols en raison : (1) de ses grandes répartitions géographiques (2) de sa reproduction par drageonnage, (3) d'une tolérance raisonnable à la sécheresse; (4) de son implantation possible en terrains sablonneux, enfin (5) de ce que les espèces communes sont très riches en fleurs.

L'auteur a successivement essayé et employé les techniques suivantes pour la reproduction du tremble en partant de la graine : (1) collecter les ramilles porteuses de chatons (tiges femelles) entre la fin mai et la mi-juin, juste avant la déhiscence, et entreposer à sec les ramilles dans des conteneurs bien aérés, dans lesquels la graine va sortir tandis que le chaton va sécher; (2) enlever le coton des chatons si la graine doit être longuement conservée ou si elle doit être employée dans des situations contrôlées, en employant une technique de culbutage, au moyen d'un tamis et d'un tube pneumatique, ou plus simplement en secouant et faisant vibrer les chatons; (3) la graine, avant d'être semée, est imprégnée d'un mélange de Captan 50W et de soufre agricole et est semée dans une couche stérile de mousse de tourbe déchiquetée légèrement humide mais non trempée, de sable fin, ou d'un mélange des deux; (4) une forte humidité est indispensable à une bonne germination et peut être fournie par une clôture fine de verre ou de polyéthylène entourant la pépinière, avec saupoudrage éventuel de Captan et de soufre destiné à éviter le mildiou et la moisissure, enfin (5) une luminosité intense est indispensable (3 500 bougies) pour obtenir une photosynthèse maximale étant donné que le peuplier-tremble est allergique à l'ombre, et qu'une haute intensité lumineuse est souhaitable pour la germination initiale si les températures de l'air et du sol de la pépinière ne sont pas extrêmement élevées.

Laidlaw, T.F., 1974

Dans les essais effectués par l'auteur, la graine de tremble a eu un taux de germination très élevé, de l'ordre de 95 à 100%. Il n'existe aucune obligation d'interruption de sommeil et la germination intervient dans les 48 heures, ou même moins, qui suivent l'humidification et l'exposition à la lumière.

Les graines saines prennent une couleur rose caractéristique quelques heures après avoir été humidifiées.

Dans la nature, le pourcentage de germination décroit rapidement, mais si les graines sont entreposées selon la technique mise au point par Moss (1938) la graine garde tout son pouvoir et sa vigueur pendant au moins un an, ce qui signifie qu'on peut la semer sous observation à n'importe quel moment de l'année. Selon cette technique la graine est entreposée dans un dessicateur sur des cristaux de $CaCl_2$ à une température voisine de $0^{o}C$.

Des chatons non ouverts peuvent être semés sous certaines conditions, ou répandus en tant que coton directement sur le sol à régénérer, le coton servant de paillis transparent au-dessus de semis délicats. Le tremble peut également être propagé au moyen de boutures de racines et de boutures de jeunes tiges herbacées provenant de boutures de racines. Toutefois, il est très difficile de faire prendre racine à des ramilles de tremble.

Théoriquement, il serait souhaitable, grâce à la technique décrite ci-dessus, de greffer artificiellement toutes les sortes de génotypes qui, en raison de leurs taux de drageonnage, de leur croissance en hauteur et de leur tolérance à la sécheresse sembleraient les mieux appropriés pour la remise en valeur d'une terre. Cependant la sélection la plus efficace lors du semis de trembles dans un but de régénération du sol peut se faire tout naturellement sur le lieu même de régénération à la suite de la plantation d'une grande variété de matériau génétiques.

1. LAMBERT, J.D.H.

2. 1972

3. Plant succession on tundra mudflows : preliminary observations. (Rotation des plantations sur les tourbes de la toundra : observations préliminaires).

4. Arctique 25 : 99-106

5. Original

6. a. District de Mackenzie; toundra canadienne

   b. Région du delta du Mackenzie, Côte du Yukon; routes

7. La rotation sur les tourbes naturellement vaseuses de la toundra - qui sont la caractéristiques des déclivités arctiques à sols instables - s'effectue en deux étapes. La première, de colonisation, de durée inconnue, consiste en *Senecio congestus, Eriophorum scheuchzeri, Calamagrostis canadensis, Arctagrostis latifolia, Equisetum arvense et Petasites frigidus.* La seconde étape consiste dans le rétablissement de la communauté naturelle par l'extension graduelle de massifs de végétation qui persistent durant le glissement des boues et survivent en tant qu'îlots isolés de végétation lros du mouvement de glissement du sol fluide vers le bas des pentes.

Le suintement provenant de la balafre exposée, en plus du dégel initial rapide de la glace exposée sont, pense-t-on, susceptibles de conserver la saturation du sol et une sous-couche valable pour les premières espèces.

Des données sur de semblables tourbières naturelles seraient utiles pour avoir des renseignements sur les taux de revégétation, les modifications des espèces, les modifications dans la valeur nutritive du sol, sur la constitution de la couche active, les qualités des plantations successives en tant que fixateurs des sols et la capacité de rétention d'eau et de la terre exposée.

1. LAMBERT, J.D.H.

2. 1976

3. Plant succession on an active tundra mud slump, Garry Island, Mackenzie River Delta, Northwest Territories (Rotation des plantations sur un effondrement boueux actif de toundra, Garry Island, delta de la rivière Mackenzie, Territoires du Nord-ouest).

4. Canadian Journal of Botany 54 : 1750-1758

5. Original

6. a. District de Mackenzie; toundra canadienne

   b. Région du delta du Mackenzie, côte du Yukon; routes

7. Trois groupes de plantes ont été identifiés dans un effondrement boueux actif dans l'île Garry du delta de la rivière Mackenzie, dans les Territoires du Nord-Ouest. Ces glissements de boue sont caractéristiques des sols instables dont le degré d'humidité est abondant mais intermittent, dû au sol riche en glace qui constitue les murs de l'effondrement. Un effondrement boueux particulier fut pour la première fois repéré en 1964 par Kerfoot, puis chaque été successivement jusqu'en 1972. Kerfoot a établi que le taux moyen de recul était de 5 mètres I par an, taux influencé par la composition du sol gelé. Les taux de recul les plus élevés se produisent dans les parties de la paroi contenant une forte proportion de glace. Lors de cette étude, des coupes de végétation furent opérées afin de déterminer la fréquence et le taux des successions.

Les trois groupes de plantes ont été délimités dans une séquence de temps donnée. Le premier groupe, *Senecio congestus*, était caractéristique de la première colonisation des effondrements boueux couverts par une couche mobile de boue liquide. Dans cette zone existent des monticules isolés où dominent les *dryas integrifolia, carex lugens, salix glauca et le caccinium uliginosum*. Ces monticules se forment lorsque la terre glacée fond et que la couche de végétation excédentaire s'affaisse, les monticules demeurant comme des îles. On connaît des monticules qui ont vécu jusqu'à quatre années, mais on constate qu'ils diminuent régulièrement, car ils sont enterrés sous la boue chaque été.

Le second groupe appartient aux *arctagrostis latifolia et senecio congestus*, qui se présentent dans les régions plus sèches situées en-dessous de la région des boues mobiles. Des *Eriophorum scheuchzeri* ne fleurissant pas, surviennent dans cette association.

Lambert, J.D.H., 1976

Le troisième stade de reconstitution de la végétation a consisté dans une association *d'Arctagrostis latifolia et d'Eriophorum scheuchzeri*, qui indiquent une stabilisation accrue et des conditions de plus grande sècheresse. Seules quelques espèces présentes dans les monticules se retrouvent ici. La constitution de végétation sur le sol nu était totale au bout de la 9^{e} année.

L'analyse a indiqué que la couverture d'une fondrière au cours de glissement peut s'effectuer à 100% en moins d'une décennie, au moyen de trois associations de plantes aisément identifiables. On ignore encore si cette ségrégation demeurera nette au fur et à mesure que le temps s'écoulera.

Les frondières amorcées par l'homme semblent suivre un schéma de récession semblable, déterminé par le rapport glace/sol minéral. La reconstitution de végétation naturelle des fondrières de boue semble plus rapide que celle (naturelle ou artificielle) de sols endommagés par le passage de véhicules. Cette différence peut être contrôlée sur la plan nutritif comme un effet de la glace fondante présente dans la boue de la face escarpée. Celle-ci rend les éléments nutritifs plus aisément disponibles que lors de troubles tels que des lignes sismiques où l'eau courante n'est pas présente. L'auteur en a conclu que si des espèces indigènes pouvaient s'implanter aussi rapidement que signalé dans cette étude, il est plus indiqué de laisser la reconstitution de végétation suivre son propre cours, étant donné qu'une implantation effectuée par l'homme n'activerait probablement pas le processus.

Des données sur la production annuelle et sur l'humus indiquent que la végétation sur les monticules donne le plus grand pourcentage de matériel vivant au cours des deux premières années et diminue ensuite. Cela est suivi d'une augmentation de la production annuelle de *Senecio congestus*, démontrant l'aptitude de cette espèce à s'implanter et à croître dans les endroits récemment perturbés. Cette plante est la colonisatrice initiale. Elle est bien adaptée à un sous-sol instable où elle rencontre une faible concurrence.

Le *Senecio congestus* croit sur un sous-sol imbibé d'eau et son rapport racine/pousse est de 1.2 : 3.0, tandis que l'*Arctagrostis latifolia* requiert un sol minéral à eaux de surface libres. *L'Arctagrostis latifolia*, qui remplace le *Senecio*, a un rapport racine/pousse de 1.0 : 4.1. et l'*Eriophorum scheuchzeri* un rapport 1.0 : 2.1. La biomasse des racines croît en fonction de l'augmentation de la stabilisation du substrat et de l'augmentation de la concurrence pour l'humidité et les éléments nutritifs. Les racines de *Senecio* pénètrent à moins de 10 centimètres de la surface tandis que les deux autres espèces ont des racines atteignant plus de 50 cm de profondeur.

Lambert, J.D.H., 1976

Le *Senecio congestus et l'Eriophorum scheuchzeri* sont les deux seules espèces qui ne se trouvent pas normalement dans les landes d'arbrisseaux nains bordant les fondrières. Les sources de littératures passées en revue en cours de cette étude indiquant également la capacité qu'ont ces deux espèces de coloniser les régions perturbées. Hok (1969) a noté que le *Senecio congestus* était un colonisateur prépondérant sur les boues vaseuses provenant d'eaux de fusion de glaciers dans les régions fortement rongées des versants Nord de l'Alaska. Hernandez (1973) a signalé que l'*Arctagrostis latifolia* était un élément majeur dans les régions perturbées par l'homme, et que le *Senecio congestus* était l'un des principaux agents colonisateurs des régions plus humides d'Inuvik dans les Territoires du Nord-Ouest. Younkin (1973) a également noté la prédominance de l'*Arctagrostis latifolia* dans les régions perturbées du delta du Mackenzie.

1. LAUGHLIN, W.M.

2. 1962

3. Fertilizer practices for bromegrass (Emploi des engrais pour le brome des prés).

4. Université de l'Alaska, Station agricole expérimentale de l'Alaska Palmer, Alaska. Bulletin 32, 15 p.

5. Sommaire de l'auteur

6. a. Alaska, Taïga de l'Alaska méridional

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional, morts-terrains, routes.

7. De 1952 jusqu'en 1965 des expériences répétées utilisant différents concepts furent menées sur des parcelles existantes de brome des prés afin de comparer différents engrais azotés ainsi que les taux et époque d'application d'azote, de phosphore et de potassium.

Le nitrate d'ammoniaque, le sulfate d'ammonium et le nitrate de calcium ont été également efficaces comme fournisseurs d'azote. L'ammoniaque anhydre et la cyanamide calcique se sont montrées inférieures aux autres porteurs d'azote.

L'urée a rarement été aussi efficace que le nitrate d'ammonium, le sulfate d'ammonium ou le nitrate de calcium, ceci étant particulièrement vrai avec de hauts niveaux d'azote et lors des applications automnales.

Des applications fractionnées d'azote (moitié au printemps et moitié au début de l'été) ont permis d'obtenir de plus fortes deuxième et troisième fenaisons, mais pas davantage de foin sec pour la saison entière que celui obtenu avec la même quantité d'azote appliquée seulement au printemps.

Dans les conditions de ces expériences, des applications d'azote sans irrigation (jusqu'à 200 lb/acre) ont donné des résultats économiquement valables pour le brome des prés. Plus le support est ancien et plus la réaction à l'azote est forte.

Les applications d'azote effectuées au printemps donnent de meilleurs résultats que celles de même quantité faites en automne.

Les récoltes de brome des prés montrent qu'il existe peu de réaction aux applications du phosphore et de potasse excédant 80 lb P^2O^5, ou K^2O par acre.

Laughlin, L.M., 1962

Les applications de phosphore et de potassium à l'automne et au printemps permettent des récoltes de foin sensiblement égales.

1. LAUGHLIN, W.M.

2. 1973

3. Fertilizers (Engrais)

4. In : Notes d'atelier de revégétation prises en 1973, Services d'extension coopérative, Université de l'Alaska, Fairbanks RP-239, p 24-26

5. Original

6. a. Alaska; taïga du Sud de l'Alaska

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, région du delta du Mackenzie, Yukon méridional, région côtière du Yukon, morts-terrains, routes.

7. Les végétaux consomment plus d'azote, de phosphore et de potassium que de tout autre élément nutritif. Or, ces trois éléments ne se trouvent généralement qu'en quantités faibles dans les sols de l'Alaska. La plus grande partie de l'azote est présente sous forme organique non assimilable par les végétaux. Mais les légumineuses qui ont été convenablement ensemencées et pourvues des éléments nutritifs adéquats peuvent absorber l'azote à l'air et le convertir sous une forme utilisable par d'autres végétaux.

D'autres plantes peuvent utiliser l'azote lorsqu'il est combiné à de l'oxygène, à de l'acide azotique ou à du nitrate d'ammoniaque. L'azote présent dans les matières organiques du sol est transformé sous ces formes par l'action biologique des microorganismes du sol. Le nitrate se déplace vers le bas dans le sol avec l'eau capillaire et peut être perdu par lessivage. Sous la forme d'ammonium il est moins sensible au lessivage mais n'est pas aussi directement assimilable par les plantes que sous sa forme de nitrate.

En Alaska, on utilise des engrais chimiques manufacturés composés d'ammonium, de nitrate, d'urée, de phosphate d'ammonium et de polyphosphate d'ammonium, les deux derniers apportant du phosphore aussi bien l'un que l'autre. Les sols de l'Alaska ne contiennent généralement que peu de phosphore et les faibles quantités présentes sont combinées à d'autres éléments. L'analyse d'échantillons de sols en vue de connaître leur capacité de réaction et d'en déceler les quantités assimilables de sels azotés, de phosphore et de potassium aide à déterminer les quantités adéquates d'engrais exigées sur des stations et pour des cultures données.

Laughlin, W.M., 1973

Des éléments secondaires (calcium, magnésium et soufre), et des éléments mineurs (cuivre, bore, zinc, molybène, manganèse, fer et chlore) sont également utilisés par les végétaux, mais il se trouvent généralement en quantités suffisantes dans le sol. Certains sols acides exigent du calcium non seulement comme élément nutritif mais aussi comme réducteur de l'acidité. On l'ajoute également à des sols fortement acides afin d'accroître la disponibilité des autres éléments nutritifs pour les végétaux en croissance.

1. LAUGHLIN, W.M., P.F. MARTIN et G.R. SMITH

2. 1973

3. Nitrogen fertilization of Polar bromegrass (Fertilisation par engrais aoztés du brome des prés polaire).

4. Agroborealis 5 (1) : 12

5. Original

6. a. Alaska, Taïga de l'Alaska méridional

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes

7. En 1970, des expériences sur le terrain ont été effectuées dans la vallée de Matanuska, Alaska méridional, avec cinq taux différents d'azote (0, 100, 150, 200 et 250 livres/acre), en utilisant deux sources d'azote (le nitrate d'ammoniaque et l'urée) afin de déterminer l'effet de la fertilisation par engrais azotés sur la récolte totale, la quantité employée par les plantes et celle récupérée dans le sol après la fenaison. La moitié du terrain reçut tout son engrais en une seule fois, l'autre motié en deux fois : la première en mai et la seconde en juin après la première récolte.

Comparativement à l'application en une seule fois, les deux applications successives d'azote ont permis un accroissement de la récolte, de la montée de l'azote dans le brome des prés et de la récupération de l'azote appliqué. Le nitrate d'ammonium a permis de meilleures récoltes, fourni davantage d'azote aux végétaux et une plus forte récupération d'azote que l'urée.

Les récoltes de brome des prés ont augmenté en proportion de la quantité d'azote utilisée, à la seule exception de l'augmentation de 150 à 200 lb/acre. L'adjonction de plus de 150 livres par acre a eu tendance à réduire la récupération de l'azote. La récupération de l'azote disponible n'a pas été influencée de façon importante par l'époque, le produit ou la cadence de l'adjonction.

Les analyses des échantillons de terre provenant de trois profondeurs différentes (2, 4 et 6 pouces) n'ont pas montré de progression vers le bas mesurable ni d'accumulation des éléments nutritifs des engrais appliqués. La vallée de Matanuska connaît une pluviosité de faible intensité (8 pouces au cours de la saison de croissance), et l'écoulement des eaux en surface est rare excepté au moment de la fonte des neiges. Ces facteurs atténuent le mouvement descendant des éléments nutritifs.

1. LAWRENCE, D.B., R.E. SCHOENIKE, A. QUISPEL et G. BOND

2. 1967

3. The role of *Dryas drummondii* in vegetation development following ice recession at Glacier Bay, Alaska, with special reference to its nitrogen fixation by root nodules (Rôle du *Dryas drummondii* dans le développement de la végétation suivant le recul des glaces à Glacier Bay, Alaska. Avec référence spéciale à la fixation d'azote par les modules de ses racines).

4. Journal of Ecology 55 : 793-813

5. Original

6. a. Alaska : région côtière méridionale

   b. Alpine, Yukon méridional, Yukon septentrional : terrains de recouvrement, routes.

7. Le *Dryas drummondii* est la première espèce à prédominer dans les terres récemment déglacées qui jouxtent la langue de glace de Glacier Bay en Alaska, et il détient cette position depuis 20 à 40 ans. Des études effectuées sur le rôle du *dryas* dans le développement de la végétation à Glacier Bay, quatre fonctions ont été retenues : 1) il stabilise rapidement le sol et en protège la surface contre l'érosion; 2) Il accroît la teneur du sol en azote en raison de la fixation de cet élément dans les nodules de ses racines; 3) Il aide à la survivance et stimule la croissance d'arbres tels que les peupliers et les aules qui ne possèdent pas de micro-organismes de symbiote fixateurs d'azote; enfin 4) il entame le processus de création d'une couche d'humus.

Trente ans avant la parution de cet article, environ 35 à 50 kilomètres carrés de terrain ont été exposés près de l'extrémité de Glacier Bay. Au moment de l'étude, les surfaces les plus proches des glaces étaient vouées aux plantes vasculaires, mais les surfaces plus anciennes étaient parsemées de plants de *Carex, Juncus, Eriophorum,* peupliers et saules. Les espèces boisées montrent peu de vigueur, présentant des symptômes de manque d'azote dans le sol. Par contre, les espèces qui se développaient avec succès sur des surfaces vierges bien irriguées étaient des végétaux à nodules capables de fixer l'azote atmosphérique, particulièrement les étendues en forme de disques de *Dryas drummondii,* et moins fréquemment celles de *Dryas drummondii,* dans les variétés *glandusola, Dryas integrifolia et Dryas octopetala,* sur d'anciennes surfaces ultérieurement dégagées des glaces, l'aulne à croissance la plus rapide *(Alnus crispa, sinuata).*

Lawrence, D.B., R.E. Schoenike, A. Quispel et G. Bond, 1967

Le *Dryas* est bien visible sur les sables nouveaux, les graviers, les terrains erratiques de boues formées de glaise et d'eaux de fusion des glaciers. Il apparaît sur des surfaces ayant plus de dix ans mais moins de soixante. Il semble limité aux sols à substratum calcaire, et pousse plus abondamment sur les sols ayant un pH de 7.8 à 8.5, avec peu d'azote mais une teneur de carbonate de calcium d'environ 5%.

Dans la partie où se trouvent dispersées les premières végétations, tout près du sol récemment déglacé, apparaît une large ceinture de *Dryas*, d'abord sous forme de disques dispersés. puis émergeant ensuite comme une solide couverture sur les sols qui ne sont ni trop humides ni trop rocheux. Cette zone de *Dryas* est suivie par de luxuriants boqueteaux d'aulnes.

La croissance vigoureuse et la fertilité du *Dryas* est facilitée par les nodules de ses racines qui fixent l'azote atmosphérique et ressemblent à ceux de l'aulne, si ce n'est que les nodules de l'aulne restent proches de la surface du sol tandis que ceux du *Dryas* se trouvent généralement à une profondeur de 15 cm ou plus de profondeur. On a examiné les nodules du *Dryas* et constaté qu'ils consistent en racines typiques métamorphosées. L'endophyte produisant le nodule se trouve dans les cellules centrales du cortex. Lorsque le *Dryas* est en phase dominante, formant une couverture continue de 30 à 40 ans après le recul des glaces, le contenu en azote du complexe sol/végétation passe de 33 kg/hectare à 400 kg/ha. Les arbres poussent mieux dans les zones où se trouve le *Dryas* : une réaction similaire de croissance a été obtenue sur de jeunes plants de *Populus* lorsqu'on a eu recours à des engrais azotés.

Le tapis de *Dryas* influence également les caractéristiques physiques et chimiques du sol, en raison de l'accumulation de matière organique. La densité de masse dans la fraction de bonne terre prise à Glacier Bay a décru de 1.50 à 1.37 pendant les 35 premières années de première végétation. On n'a observé aucune altération sensible de la proportion des particules de bonne terre. L'acidité du sol a légèrement augmenté, passant de 7.7, de 8.0 à 8.4 après un intervalle de 20 ans.

Une fois que la surface est entièrement couverte par la végétation, les *Dryas* cessent de s'implanter, bien que le tapis existant continue à s'épaissir. Les jeunes plants d'aulnes apparaissent à peu près au même moment que les *Dryas*, mais ils sont inférieurs en nombre et il faut attendre 20 à 30 ans avant que les plants dispersés arrivent à former un bosquet suffisamment dense pour ombrager les *Dryas*. Cette dernière espèce est extrêmement sensible à l'ombre et meurt lorsqu'elle est recouverte par les feuilles ou l'ombrage de l'aulne, du saule et/ou du peuplier.

Lawrence, D.B., R.E. Schoenike, A. Quispel et G. Bond, 1967

Le tapis de *Dryas* stimule la croissance d'autres plantes, encore que cette stimulation ne soit ni aussi forte ni aussi apparente que dans le cas de l'aulne. Dans l'échelle du temps, le *Dryas* apparaît plus tôt et sa croissance est plus lente que celle de l'aulne. Toutefois, son effet est plus limité dans le temps et l'accumulation totale d'azote est moindre que celle provoquée par l'aulne.

Le *Dryas* accélère le rythme de succession jusqu'à la création d'une forêt complètement développée en une période de 20 à 30 ans. De même le *Dryas* en raison de ses fruits dispersés par le vent, parvient sur de nouvelles surfaces plus tôt que l'aulne et fournit une couverture résistant à l'érosion 20 ou 30 ans avant que les taillis d'aulnes soient suffisamment denses pour pouvoir jouer ce rôle. Les végétaux poussant dans les régions stabilisées par les *Dryas* possèdent une meilleure chance de s'implanter définitivement.

Une fois que le stade de succession de l'aulne est atteint, cet arbre est plus efficace pour fournir une couverture du sol, enrichir celui-ci et former une couche d'humus plus rapidement que le *Dryas*. Les saules et les peupliers qui végétaient précédemment au ras du sol se trouvent stimulés par l'apport d'azote provenant des aulnes et se développent dès lors de façon convenable, c'est-à-dire verticalement.

1. LEROY, J.C.

2. 1973

3. How to establish and maintain growth on tailings in Canada - cold winters and short growing seasons (Comment créer et entretenir la croissance végétale sur les résidus - hivers froids et courtes saisons de croissance).

4. In : C.L. Alpin & G.O. Argall, Jr. Editeurs. Décharges de détritus aujourd'hui, Publications Miller Freeman, San Francisco, Californie p. 411-476

5. Original

6. a. Ontario, Québec, taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, toundra continentale, Yukon méridional : terrains à résidus.

7. Des mesures efficaces et économiques pour régénérer des terres abandonnées aux décharges de résidus ont été prises avec succès par la Société Erocon Limitée de Toronto, à laquelle l'auteur de cette étude appartient. Cette entreprise est spécialiste de la régénération des sols. Les exemples donnés dans cet article proviennent tous de la zone du bouclier pré-cambrien de l'Ontario et du Québec.

L'objectif fondamental de la régénération du sol est de créer immédiatement une couverture végétale permanente capable de s'auto-alimenter et ne nécessitant pas d'entretien. Les critères de base sont les suivants : (1) qualité générale des terres entourant la zone de décharges; (2) unité du schéma de régénération et exclusion des efforts dispersés; (3) sélection d'espèces végétales de valeur confirmée, adaptées à l'environnement, sans négliger l'introduction de nouvelles espèces là où elles est justifiée et profitable; (4) choix de la meilleure utilisation de la zone régénérée, allant du pâturage au terrain de culture, de la pépinière à l'établissement horticole, sans omettre l'urbanisation les terrains de sport ou d'aviation.

La régénération des terres de décharges requiert de l'humidité, l'emploi d'engrais et la présence de bactéries adéquates permettant la germination ainsi qu'une croissance permanente. La végétation de base doit comprendre des herbes à croissance rapide pour former l'humus et des végétaux à croissance plus lente, fixateurs d'azote, pour former une couverture végétale permanente ne demandant pas d'entretien particulier. Les sables des décharges sont propres et non salés, ils forment un support idéal pour la pousse des végétaux lorsqu'on y ajoute les éléments précédemment cités. L'homogénéité des résidus est également un avantage pour le développement des racines.

Leroy, J-C., 1973

Les opérations typiques de régénération effectuées entre le 45° et le 55° degré de latitude Nord comprennent dans l'ordre : 1) Régularisation des pentes, particulièrement sur la barrière de retenue de la pente extérieure (un engin lourd peut découper une pente de 40° haute de 200 pieds au rythme d'un demi-hectare par jour); (2) défonçage de toutes les zones où les sulfures de fer ont créé une croûte dure et de toutes les zones trop compactes, par exemple les routes; (3) neutralisation des résidus en répandant de la chaux dolomitique pulvérisée, ou en employant un composé acidifiant pour les terrains de décharges alcalines; (4) râclage et hersage du sol pour effacer les irrégularités mineures avant de procéder à l'ensemencement; (5) introduction de l'agent neutralisant dans la couche de terre destinée au semis et hersage; (6) épandage d'engrais, généralement à raison de 1000 lb à l'acre; (7) ensemencement en employant des engins mécaniques chaque fois que possible, par ex. du type Brillion; (8) paillage, ou recouvrement avec une membrane artificielle pour fournir une couche protectrice inerte qui aidera la germination en créant une sorte de micro-climat et empêchera l'évaporation; (9) emploi de graines "dures" incorporées au mélange du semis, graines qui mettront plus longtemps à germer, parfois seulement lors de la saison suivante.

Des études portant sur quatre cas sont présentées comme exemples de méthode utilisée par Erocom pour la régénération des terres. Le premier cas est celui de la mine d'or Hollinger à Timmins dans l'Ontario, où quelques 56 millions de tonnes de résidus avaient été abandonnés sur place après l'exploitation. Le terrain entièrement remis en valeur comprendra un complexe viable sur le plan commercial consistant en une pépinière, un herbage, une ferme d'élevage et toutes les installations annexes de service. Il faudra trois années de travail préparatoire avant que la pépinière soit totalement opérationnelle. En ce qui concerne l'herbage la préparation - après nivellement - comprend la fertilisation au moyen d'engrais, la culture et l'épandage à trois reprises de super-phosphates et d'herbicides. Le chaulage n'est pas nécessaire pour l'herbage étant donné que l'herbe s'accommode mieux d'un sol légèrement acide. L'herbage couvrira au début 40 acres, et sera porté par la suite à 100 acres, selon un rythme dicté par le développement du marché en se souvenant qu'il faut deux ans pour obtenir une récolte. Le lotier corniculé *(Lotus corniculatus)* est employé pour des prairies, car il s'agit d'une herbacée vivace vigoureuse, possédant des racines pivotantes bien développées qui s'accommodent de conditions climatiques et de sol particulièrement difficiles. Il possède une teneur élevée en protéines et constitue une excellente pâture. L'herbage peut être semé dans les zones critiques sujettes à érosion. Le lotier corniculé est de meilleur usage que l'herbe commune car il fournit une couverture végétale empêchant l'érosion et stabilisant de façon permanente les pentes sans qu'il y ait lieu de lui accorder un entretien constant. Le lotier fournit également un fourrage de qualité supérieure, il est exempt de cryptogames et d'insectes parasites.

Leroy, J-C., 1973

Un second exemple de l'utilité des légumineuses, et en particulier de la vesce couronnée peut être donné par la mine à ciel ouvert Kidd Creek de la Texas Gulf près de Timmins. La remise en valeur de ses terres a permis d'y lancer le plus vaste programme de culture de vesces ayant eu lieu jusqu'à ce jour au Canada. Cent acres de pentes argileuses instables ont été régénérés là où le terrain de recouvrement d'argile atteignait une épaisseur de 60 à 80 pouces. L'argile stérile contenait 60% d'humidité et était dépourvue de tout contenu organique comme de toute vie bactérienne. Son pH était pratiquement nul. Les premières semailles furent effectuées trop tard en saison, mais au printemps suivant les graines dures du mélange germèrent et fournirent une couverture adéquate pour la seconde année. Un second ensemencement, effectué en juin 1967, donna une excellente croissance bien qu'une partie de cette végétation périt par le froid hivernal ou fut rejeté du sol par le gel. La zone ensemencée en vesce couronnée est à présent couverte de façon dense, riche de rhizomes et de réensemencements. Le sol a cessé d'être instable, il est devenu plus sec de façon appréciable en raison de l'évaporation provoquée par la végétation.

Un troisième exemple décrit le gazonnage d'une zone située près du concentrateur de la Texas Gulf à l'Est de Timmins, en vue d'arrêter l'érosion et d'empêcher la poussière. De plus, le barrage circulaire entourant la décharge et long de 9, 5 miles, a été planté d'herbe et de légumineuses, qui ont réussi à éliminer toute érosion sur la pente extérieure et procuré une couverture végétale efficace.

Le quatrième exemple est celui d'un de ces morts-terrains acides contenant une forte proportion de fines particules terreuses sulfurées communément des pyrites et des pyrrhotines. Ces matériaux libèrent d'énormes quantités d'effluent acide lors de chaque précipitation importante, particulièrement lors du dégel de printemps. La neutralisation de la couche superficielle est délicate. Il est nécessaire d'isoler les parties de la décharge qu'on veut régénérer des autres zones de résidus afin d'empêcher le déversement de flots d'eaux acides. Il est nécessaire de creuser des fossés autour de la zone à régénérer et de prendre toutes précautions pour empêcher le déversement incontrôlé des eaux acides. On effectue la neutralisation de la terre au moyen de calcaire, mais il existe des variables : composition de la chaux, dimension des pierres calcaires concassées; procédé d'application; profondeur de cette application; interaction avec les engrais, s'il y en a; composition physique et chimique du mort-terrain lui-même. Les décharges d'uranium du lac Elliot, qui contiennent des sulfures ont été traitées par une application minimale de 30 tonnes de calcaire concassé par acre, sous forme de pierre à chaux à haute teneur calcique passée au tamis d'1/4 de pouce, en même temps qu'on épandait un engrais à haute teneur en P et en K dans la protection de 2 tonnes par acre.

Leroy, J-C., 1973

Dans la zone Noranda du Québec, on manquait de pierre à chaux et à sa place, on a utilisé des détritus d'amiante pour neutraliser des résidus acides. Une végétation d'herbes et de légumineuses fut plantée sur ces terrains.

L'auteur cite un dernier exemple sur les décharges fortement alcalines proches des mines d'amiante du Québec. Ces décharges gardaient une très forte proportion d'humidité en raison même de leur composition physique. Aucune végétation ne poussait spontanément sur ces décharges, même sur les parties les plus anciennes. L'acidité indispensable fut fournie par des résidus sulfureux provenant d'une mine métallique locale auxquels on ajouta de la fleur de soufre du commerce. On employa un cultivateur rotatif pour briser la surface fortement compacte et préparer la couche à ensemencer. Après application du neutralisant, le terrain fut à nouveau labouré afin de permettre un épandage parfaitement égal et diminuer la tendance à se mettre en mottes du matériau sulfureux humide. Les résultats de la première expérience ont montré que la meilleure croissance générale semble liée au taux le plus élevé d'application de détritus sulfureux. Une bonne croissance a été observée lorsque les applications totales de produits sulfurés atteignaient 30 à 40 tonnes à l'acre.

Selon l'auteur, il n'existe pas de terrain minier inculte qui ne puisse être régénéré systématiquement et avec efficacité. Tous les terrains peuvent être plantés, et dans certains cas on peut faire un meilleur usage des terrains régénérés qu'on ne le pouvait avant d'y avoir ouvert des mines.

1. LESKO, G.L.

2. 1974

3. Future directions and priorities (Directions futures et priorités).

4. In : D. Hocking & W.R. MacDonald, Éditeurs, Proceedings of a Workshop on Reclamation of Disturbed Lands in Alberta, Northern Forest Reasearch Centre, Edmonton, Rapport d'information NOR-X-116, p. 209-210

5. Original

6. a. Alberta, Taïga canadienne, Montagnes Rocheuses

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains; décharges

7. Les recommandations concernant la recherche, importantes pour une régénération réussie des terres perturbées, comprennent :

1. Recherche concernant la surface du terrain prévu après la fin des activités minières. La planification des reliefs et des surfaces finales s'avère d'une importance extrême pour la meilleure utilisation ultérieure des terres.

2. Recherche pour une amélioration de la logistique des activités minières et de la disposition des matériaux, afin que les matériaux les plus valables se trouvent finalement en surface du terrain;

3. Recherche de la régénération des pièces d'eau drainées qui pose un problème de régénération pour les terrains secs des mines de sable bitumineux;

4. Recherche relative à la production sur grande échelle de graines et de boutures, méthodes pour amener à germination des graines normalement dormantes une ou plusieurs années après maturation.

1. LESKO, G.L.

2. 1974

3. Preliminary revegetation trials on tar sands tailings at Fort McMurray Alberta (Centre de Recherche des Forêts septentrionales, Edmonton, Alberta. Rapport d'information NOR-X-103 37 p).

5. Original

6. a. Alberta : Taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional : Décharges

7. Le comportement de 29 espèces d'arbres, arbustes, herbes et graminées a été testé au moyen de 11 mélanges de graines sur 3 traitements de surface d'une digue de décharge de sables bitumineux appartenant à la Compagnie Great Canadian Oil sands, à Fort McMurray, dans l'Alberta. La constitution d'une végétation sur ce sable fin de quartz angulaire à sous-angulaire est jugée urgente, car les sables sont facilement érodés par le vent et par l'eau. Ces sables sont extrêmement pauvres en éléments nutritifs pour la végétation et ont une faible capacité de rétention d'eau.

Toutes les espèces ont été hydroensemencées après trois préparations différentes du sol : 1) sillons tracés sur une surface égalisée; (2) surface tassée par un tracteur à chenilles après égalisation; et (3) égalisation sans traitement subséquent. Lors de ces essais, l'hydroensemencement a été effectué sur des terrains de décharges n'ayant reçu aucun amendement d'argile ou de tourbe.

La meilleure couverture végétale a été réussie par le traitement de la surface par des sillons creusés sur une surface par tassement au moyen d'un tracteur à chenilles. L'hydroensemencement sans aucun traitement de la surface après égalisation a complètement échoué, cela étant probablement dû au manque de micro-sites pour la germination des graines.

Seules les graminées ont réussi à former la couverture végétale. Aucune des espèces d'arbres, et seulement quelques espèces d'arbustes ont réussi à prendre racine. Les graminées ayant réussi étant : *Agropyron cristatum, Agropyron trichophorum, Agropyron latiglume, Agropyron riparium, Bromus inermis, Agrostis alba, Dactylis glomerata et Phleum pratense.*

En termes de production de biomasse, les herbes semées dans les sillons de la surface égalisée ont produit deux fois plus de biomasse que les herbes semées selon le second procédé (surface tassée après égalisation). La meilleure production de biomasse des herbres, ayant réussi à s'implanter comprenait : *l'Agropyron cristatum, l'Agrostis alba, le Bromus inermis et le Dactylis glomerata.* Ces quatre espèces, auxquelles on peut ajouter

Lesko, G.L., 1974

la *Festuca rubra et l'Agropyron riparium*, possèdent les réseaux de racines les plus forts relativement à leur croissance en hauteur.

L'addition à la terre de surface de tourbe ou d'argile mêlée au sable des décharges améliore les qualités de la couche cultivable. Les résidus convenablement drainés, âgés d'un ou deux ans, n'ont pas montré de toxicité pour la végétation. L'alcalinité et la salinité n'ont pas causé de problèmes.

En conclusion, la régénération des décharges sablonneuses doit commencer par la création d'herbages, suivie par l'introduction d'arbres et d'arbustes lorsque le sable a été stabilisé et initialement amélioré.

1. LESKO, G.L.

2. 1974

3. Species suitability for sand dune reclamation at Lesser Slave Lake, Alberta (Aptitude des espèces pour la mise en valeur de dunes de sable à Lesser Slave Lake, Alberta).

4. Centre de Recherche des Forêts septentrionales, Edmonton, Alberta Rapport d'information NOR-X-86. 26 p.

5. Original

6. a. Alberta : Taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie; Yukon méridional; routes

7. Six espèces de graminées et une de légumineuse ont été choisies pour effectuer des expériences d'aptitude à la mise en valeur de dunes de sables situées dans le parc provincial de Lesser Slave Lake, dans l'Alberta. Il s'agissait du riz sauvage russe *(Elymus junceus)*, du chiendent Nordan *(Agropyron desertorum)*, du chiendent velu *(Agropyron trichophorum)*, de la fétuque de l'Alberta *(Festuca arundinacea)*, du chiendent Fairway *(Agropyron cristatum)*, de l'ivraie vivace *(Lolium perenne)* et du sainfoin *(Onobrychis corniculatus)*. Les trois premières espèces étant de grandes graminées vivaces.

Le sainfoin a paru être la seule plante bien apte à la mise en valeur des dunes. Le trèfle d'odeur pousse bien dans tous les emplacements excepté au sommet de la dune, mais il a montré un faible pouvoir de germination. La graine de sainfoin est dix fois plus grosse que celle des autres plantes essayées, ce qui accroît sa résistance à la dessication.

Des expériences faites avec des boutures de branches de saskatoon *(Amelanchier alnifolia)*, d'armoise et de daule ont donné de bons résultats. Par contre les boutures de brindilles de peuplier et de saule n'ont survécu qu'en très petit nombre en raison d'une humidité insuffisante.

Le processus recommandé pour la constitution de la flore dans les régions de sables en déplacement du centre-nord de l'Alberta comprend :

1. La préparation topographique, par arrondissement des crêtes vives et la réduction de l'escarpement des pentes.

2. Le contrôle des grands mouvements des sables au moyen de clôtures placées plus ou moins perpendiculairement à la direction du vent dominant. La distance entre ces clôtures ne devant pas dépasser 20 fois leur hauteur.

Lesko, G.L., 1974

3. La stabilisation du sable au moyen de graminées et d'herbacées. On recommande de les planter au début du printemps afin de profiter de l'eau provenant de la fonte des neiges.

4. Le paillage hydraulique du semis afin d'empêcher l'entraînement des graines.

5. Bien que des boutures ou des plants d'arbrisseaux tolérants à la sécheresse puissent être plantés en même temps qu'on procède au semis, les arbres ne pourront être introduits que deux ou trois ans après que se sera établie une couche d'herbe protectrice. l'ensemencement direct d'arbres n'est pas conseillé. Les arbres devront être plantés sous forme de grandes boutures ou de plants ayant au moins deux ans dans le cas des conifères.

Il est nécessaire d'employer des engrais au cours des deux ou trois premières années du programme de constitution de la végétation, le contenu nutritif des sables mouvants étant extrêmement faible.

Avant que ne commencent ces essais particuliers de culture, la première mesure prise dans la régénération des dunes a consisté à contrôler mécaniquement les mouvements du sable au moyen de clôture en lattis, qui accumulaient le sable sur les dunes sans toutefois en arrêter totalement le mouvement. Une stabilisation fut réussie ultérieurement au moyen d'un paillage hydraulique qui créa une fine croûte à la surface du sable. Cette croûte était perméable à l'eau, mais arrêtait le mouvement des grains de sable. Cette croûte a été efficace au moins pendant la saison de la pousse, mais a eu tendance à se briser sous l'effet des pas. Si l'ensemencement a déjà été effectué, un paillage hydraulique améliore la germination en conservant de l'humidité autour des graines. Sur les dunes de Lesser Slave Lake, du chardon russe avait envahi les dunes avant qu'on procède au paillage hydraulique. Bien que cette plante ait disparu au cours de la seconde saison de croissance, elle avait fourni une protection valable aux jeunes graminées avant le paillage. Ainsi la couverture d'herbes semées et de plantes sauvages avait présenté un curieux contraste sur la même zone avant l'ensemencement définitif.

1. LESKO, G.L., H.M. ETTNER et T.M. DILLON

2. 1975

3. Species selection, seedling establishment and early growth on coal mine spoils at Luscar, Alberta (Sélection d'espèces, ensemencement et première croissance sur des déblais provenant des mines de charbon à Luscar, Alberta).

4. Centre de Recherche des Forêts septentrionales, Service Forestier canadien, Edmonton, Alberta. Rapport d'information NOR-X-117. 37 p.

5. Original

6. a. Alberta, Montagnes Rocheuses

   b. Alpine, terrains de recouvrement

7. Des ensemencements d'essais de 32 espèces comprenant des graminées, des herbes, des arbustes et des arbres ont été effectués par hydro-semis sur les emplacements de deux mines de charbon à Luscar, dans le centre-ouest de l'Alberta par 53°00 N et 117°30 O. L'ensemencement s'est effectué à une altitude variant entre 1 650 et 1 680 mètres, sur des déchets de grès et de schiste altérés par les intempéries, abandonnés depuis 20 ans, et sur lesquels une petite végétation naturelle s'était établie.

La germination et l'implantation des jeunes plants ont été concentrées dans des micro-sites creux sur des surfaces les unes labourées et les autres tassées au bulldozer. Ce sont les surfaces labourées qui offrirent le plus de micro-sites. Les avantages du tassement par bulldozer furent marginaux. La méthode d'ensemencement hydraulique des graminées s'avéra plus réussie que celle des légumineuses et des différentes herbes.

Les semi de printemps réussirent mieux que ceux d'automne. Ceci s'avéra particulièrement vrai pour les luzernes et les mélilots *(Medicago et Melilotus)*, quel que soit le degré de la pente, excepté les plus escarpées qui eurent un effet négatif pour ces deux types de graines.

L'humidité de la couche ensemencée semble être le facteur le plus important qui influence la germination et l'implantation. Les micro-sites creux offrent un régime d'humidité favorable, et conséquemment une meilleure couche de semis. La température au sol était d'approximativement 5°C. inférieure dans les micro-sites creux que dans les zones voisines non creuses, lors des jours chauds ensoleillés, mais à aucun moment les températures n'atteignirent le niveau mortel

des 55 ou 60°C. Ainsi la température à la surface du sol ne semble pas être un facteur qui puisse limiter une implantation végétale.

La plantation de jeunes plants sur les pentes abruptes a été entravée par l'érosion due au vent et à la pluie et par le mouvement vers le bas des particules de terre. De même, la sécheresse de certaines pentes, particulièrement aux sommets, a également empêché la réussite de la germination.

Un paillis humide constitué de fibres de bois et d'agglutinants augmenterait la stabilité du sol et favoriserait l'implantation végétale sur les pentes les plus abruptes, mais on l'a jugé inutile sur les pentes modérées.

L'influence du degré de pente sur la réussite des semis a été plus grande que l'époque même de l'ensemencement. Les taux de pousse des plants ont décru de 100 plants au m^2 pour une pente de 0°, à 10 plants au m^2 sur les pentes à 70%, avec la chute la plus forte entre 0 et 20%. Une pente de 50° semble constituer la limite supérieure réaliste. A cette inclinaison, on compte sur un pourcentage de réussite d'environ 30 plants au m^2.

En général, sur les déchets, les graminées ont mieux réussi que les légumineuses. Un mélange de trois graines, composé d'*Agropyron riparium, Poa pratensis et Rosa woodsii*, a connu le plus fort pourcentage de réussite au mètre carré, et s'est révélé supérieur à tous les autres mélanges effectués lors de la plantation de 1973. Lors des essais, la plus faible densité de plants a été donnée par les *Agrostis alba, Medicago sativa, Lupinus sp., Koeleria cristata, Phacelia sericea et Linaria dalmatica.*

Les espèces locales ne semblent pas l'emporter sur les espèces introduites lors des deux premières saisons suivant l'ensemencement. En résumé, le nombre de graines de graminées, d'herbes régionales et d'herbes introduites était sensiblement égal. En un endroit, elles donnèrent une survivance équivalente, et à un autre endroit, on observa une légère prédominance de survivance de la part des semences introduites.

Le semis direct d'espèces d'arbres se traduisit par un échec, et on conseille d'éviter cette pratique. Sur dix espèces d'arbres plantées, seul l'*Elaeagnus commutata* connut un succès limité.

1. LIMSTROM, G.A.

2. 1952

3. Effects of grading strip-mined lands on the early survival and growth of planted trees

   (Effets du nivelage des terres de mines à ciel-ouvert, sur la première survivance et la croissance des arbres plantés).

4. Ministère de l'Agriculture des États-Unis, Service des Forêts, Station Expérimentale forestière des Etats du Centre, Columbus, Ohio. Document technique 130. 35 p.

5. Original

6. a. Ohio, Illinois, Kansas : forêts de l'Est

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; Terrains de surcharge.

7. La productivité des terres de mines à ciel-ouvert varie en fonction de leur fertilité ainsi que de leurs caractéristiques physiques et chimiques. A la différence des sols, ces terrains ne présentent pas une composition uniforme sur de grandes étendues, et peuvent même présenter de fortes différences sur de petites zones.

La plupart des lois et programmes concernant la remise en valeur des terres exigent que les terrains défoncés par des mines à ciel-ouvert soient nivelés et présentent une topographie agréable. En se basant sur les textes passés en revue, cette pratique pose des questions. Une expérience a été tentée pour étudier la survivance d'une variété d'arbres, trois à 5 ans après leur plantation sur des terrains miniers nivelés et non nivelés. Les plantations expérimentales ont permis, en supplément, d'étudier les conditions d'humidité et les autres facteurs locaux qui peuvent entrer en ligne de compte pour les différences existant entre survivances. Quatre plantations expérimentales ont été effectuées dans des emplacements très différents, dans l'Ohio, en Illinois et au Kansas.

Les résultats ont indiqué que les ramblais nivelés séchaient plus rapidement durant les périodes de sécheresse que les remblais non nivelés, les premiers ne parvenant pas à absorber les petites pluies lorsqu'il en advenait. Par contre, lors des grandes pluies les mêmes remblais nivelés se saturaient et s'imbibaient d'eaux stagnantes en raison de leurs faibles taux d'infiltration, à cause de la densité des matériaux de surface.

Limstrom, G.A., 1952

En général la survivance s'est révélée meilleure sur les pentes non nivelées. A la fin de la première année la survivance d'ensemble s'établissait à 68% sur les sols nivelés et à 74% sur les sols non nivelés; après la troisième année la survivance s'établissait respectivement à 55% et à 69%. Les différences en hauteur de croissance ne furent pas aussi prononcées que celles de survivance.

L'étendue des effets nuisibles du nivellement sur le premier développement des arbres plantés varie selon la texture et la plasticité de la terre des remblais, selon les conditions climatiques, les conditions particulières d'humidité influencées par la configuration topographique, et aussi selon les espèces plantées. La sécheressee est un facteur de limitation de survivance, tandis que l'imbibation d'eau stagnante et la saturation ont un effet nuisible prouvé sur la croissance.

Une estimation soigneuse du site et des conditions climatiques est indispensable pour chaque parcelle de terrain minier avant que soit prise toute décision de nivelage. La texture et la plasticité de la masse argileuse sont importantes. Le quartz et le feldspath ne sont pas plastiques, tandis que la kaolinite, le talc, le mica et la biotite avec leur structure en feuilles ou lamelles sont des minéraux plastiques; les proportions de ces minéraux dans les ramblais revêtent de l'importance. Un essai rudimentaire du sol impose de creuser un trou de 10 à 12 pieds de profondeur : si les particules de terre s'accrochent au schiste ou aux autres pierres, ou s'agglutinent en mottes, le terrain deviendra compact après nivelage.

Bien que les espèces utilisées pour cet essai fussent adaptées à des conditions tempérées, elles furent sélectionnées selon leur tolérance aux conditions de compactage : faux acacia noir, frêne vert, frêne blanc, cèdre rouge de l'Est, eucalyptus, cerisier noir, pin à feuilles courtes, pin de Virginie, pin à feuilles glabres, chêne rouvre, sycomore, pitchpin, (jack) pin, peuplier blanc et pin blanc.

Certains des avantages du nivelage sont les suivants : les terrains sont plus accessibles, le nivelage simplifie et réduit les frais d'entretien et de récolte; il peut améliorer l'aspect du paysage, surtout dans les premières années, il peut améliorer l'aspect du paysage, surtout dans les premières années, il peut améliorer les terres si elles sont destinées au pâturage et à la culture. Les principaux désavantages sont liés à la compacité de la terre, particulièrement parce que la plantation d'arbres est plus difficile dans une terre compacte. Des remblais, lorsqu'ils sont secs, peuvent réduire la densité de la terre, mais ce n'est pas une vraie solution.

Un facteur encore inconnu est de savoir si les tendances constatées lors de cette expérience vont se poursuivre avec le temps. Si l'on se base sur une étude faite en Angleterre (Whyte et Sisam, 1949) un meilleur développement des arbres a été constaté sur des remblais non nivelés que sur des remblais nivelés, et cela découle d'observations faites 50 ans après la plantation.

1. LOTSPEICH, F.B.

2. 1971

3. Environmental guidelines for road construction in Alaska

(Conseils d'environnement pour la construction de routes en Alaska).

4. Agence pour la Protection de l'Environnement, Alaska Water Laboratory, College, Alaska. Rapport 1610 GOI 09/71. 127 p.

5. Original

6. a. Alaska, taïga du sud de l'Alaska, Taïga du centre de l'Alaska, Toundra de l'Alaska.

b. Territoires du Nord-Ouest, Yukon : routes

7. Ce rapport énumère et décrit les meilleures mesures pour assurer la protection de l'environnement lors de construction de routes dans des conditions climatiques très froides.

En ce qui concerne la végétation, l'auteur recommande que la construction laisse toute la surface végétale possible sur les bords de chaque entaille pratiquée dans le sol. Cette plaque végétale est efficace si elle protège de 4 à 6 pouces le haut de l'entaille, car la fonte des neiges peut entraîner le recul de l'entaille. Tout sol dégelé se déplaçant sur l'extrémité de l'entaille en protège la partie basse et aide à retarder le taux de fonte de la neige, permettant ainsi à l'eau de fonte d'entrainer les sédiments et de devenir pure.

La végétation, la terre de recouvrement et les autres matières enlevées de la surface doivent être employées de façon logique. Les débris végétaux doivent être étendus uniment sur les pentes, doivent être ensemencées et plantées avec les espèces qui conviennent. Une possibilité consiste à semer dans la neige lorsque cela s'avère faisable, afin de tirer avantage de l'humidité précoce pour la germination des graines. On doit stabiliser toutes les zones perturbées en semant, plantant, paillant, et en plaçant des liants, des couvertures de pierre ou de gravier, en un mot tout ce qui peut concourir à stabiliser l'emplacement. Il convient de semer et de planter aussi précocement que possible lors de la première saison de croissance suivant la perturbation provoquée et il ne faut pas hésiter à recommencer si la première tentative a échoué. Toutes les autres restaurations doivent être effectuées aussi rapidement que possible après l'achèvement des travaux.

Lotspeich, F.B., 1971

Le thème principal de cette étude est que la planification et une bonne conception doivent permettre de réduire l'incidence de l'érosion, de réduire le potentiel de pollution et les frais coûteux d'entretien. Bien entendu, on doit continuer à assurer un certain entretien tant que la route est en exploitation, mais les frais peuvent en être réduits si le tracé de la route a été convenablement choisi et si l'on a soigneusement examiné tous les problèmes de la région au cours du travail de conception. Au sujet de l'entretien on peut conseiller un calendrier d'entretien permanent, permettant de garder soigneusement recouverts de végétation ou d'autres matières stabilisatrices toutes les entailles et remblais sujets à érosion. On recommande l'emploi d'engrais et de stabilisateurs chimiques partout où la fertilité naturelle est faible, afin d'assurer à la végétation une possibilité de croissance plus rapide.

1. LOWENBERGER, F.J.

2. 1973

3. Reclamation of strip mined overburden through tree planting

(Régénération de morts-terrains de mines à ciel-ouvert par plantation d'arbres).

4. Université de Colombie-Britannique, Vancouver, C.-B. M.F. Thèse 117 p.

5. Original

6. a. Colombie-Britannique, Montagnes Rocheuses

b. Alpine, morts-terrains

7. Les résultats des plantations effectuées au titre du programme de reconstitution de la végétation des zones minières en association avec le Kaiser Resources Limited, sur des emplacements de mines de surface près de Michel et Natal dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique, ont montré que les arbres sont la forme de végétation qui convient le mieux à ces emplacements, quelle que soit leur altitude. Dix parcelles ont été cultivées entre 3 700 et 4 900 pieds d'altitudes sur les résidus de vieilles mines abandonnées et une onzième parcelle a été plantée, située à 6 800 pieds d'altitude sur l'emplacement d'une mine récente d'Harmer Ridge.

On a essayé successivement les plantations de printemps et d'automne. Pour trois espèces d'arbres, la survivance des plantations de printemps s'est révélée meilleure (38%) que celle des plantations d'automne (25%). Le froid, le gel, le choc de la transplantation, l'exposition à des éléments brutaux avant que ne tombe la première neige, ont été cause du faible taux de survivance des plantations d'automne. Lors du printemps, le temps était frais et humide, favorable au succès de la pousse, tandis que l'automne avait été chaud et sec. Il conviendra donc à l'avenir de développer les plantations de printemps afin d'éviter d'avoir à replanter.

Les arbres poussant dans des conteneurs emplis de terreau organique ont montré une meilleure survivance et une meilleure croissance que les plants à racine nues ou ceux replantés dans des paniers en matière plastique. Le développement des racines a été meilleur dans le cas des racines nues et du transplant en terre organique formant ballot. L'âge optimum des plants était deux ans, et la taille optima 8 à 12 pouces, spécialement pour les emplacements à surface noire et chaude ou pour les pentes escarpées ou instables ou les jeunes plants étaient ensevelis sous les éboulements qui entrent en ligne de compte pour le succès de la survivance des arbres et le succès à long terme de la régénération des terres.

Lowenberger, F.J., 1973

Le pin Lodgepole (*Pinus contorta*) s'est révélé la meilleure espèce à planter aux altitudes de 3 500 à 5 000 pieds. Il est susceptible de réussir dans des endroits ingrats, tels par exemple que les résidus de charbon. Le pin Lodgepole support d'être brouté par des animaux, il s'est révélé le plus robuste et ayant la croissance la plus rapide des trois espèces testées dans l'expérience. Le sapin de Douglas n'était pas adapté aux surfaces chaudes des pentes. L'épicéa a montré un bon taux de survivance aux altitudes élevées et s'est bien adapté à elles. Les autres conifères et autres espèces indigènes à feuilles larges qui ne se trouvaient pas dans les parcelles d'essais étaient le peuplier-tremble (*Populus termuloides*), le mélèze occidental (*Larix occidentalis*) et le sapin des Alpes (*Abies lasiocarpa*).

Un taux élevé de mortalité des jeunes plants a été observé dans les endroits à sol compact et sur les pentes exposées au Sud. Les arbustes et les herbes doivent être préférés sur les pentes sèches exposées au sud où très peu d'arbres poussent naturellement. Quant au problème de la densité du sol, il peut être surmonté par une préparation : labourage profond ou défonçage avant de procéder à la plantation.

Le broutement des plants a été plus élevé pour le pin Lodgepole, et moindre pour le sapin de Douglas et l'épicéa Engelmann. Il est important, au plan de la survivance, que le broutement soit minimal et c'est pour cette raison que l'auteur recommande la plantation d'une espèce moins sujette au broutement, comme l'épicéa Engelmann.

L'érosion par les eaux et l'éboulement des pentes abruptes représentent les deux sortes d'érosion qui ont détruit 2% des jeunes plants. L'éboulement intervient sur les pentes de 30% et plus. Les effets accumulés des dommages dûs à l'érosion dans les parcelles plantées semblent sérieux. Il importe de prévoir des réseaux de drainage importants et bien planifiés pour minimiser l'érosion hydraulique, ainsi que le terrassement des pentes pour contrôler les deux sortes d'érosion (eaux et éboulements) sur les fortes pentes. Là où la pente dépasse 30%, le terrassement ne suffit pas à contrôler à lui seul le mouvement des terres. Sur les fortes pentes, un éboulement de quelques pieds seulement entraîne l'ensevelissement partiel des jeunes plants. Des additifs chimiques, tels que les polymères élastomériques ou le lignosulfonate ont permis une assez bonne stabilisation lors de l'étude effectuée. Nul doute qu'ils n'offrent, entre autres, une solution au problème.

1. McCOWN, B.H.

2. 1973

3. Growth and survival of northern plants at low soil temperatures. Growth response, organic nutrients and ammonium utilization.

   (Croissance et survivance de plantes nordiques sur sol à basse température. Réactions de croissance à l'utilisation d'éléments nutritifs organiques et d'ammonium).

4. Laboratoire de l'Armée américaine pour les Recherches régionales et l'ingénierie. Hanover, New Hampshire. Rapport spécial 186. 15 p.

5. Résumé par l'auteur et appendices

6. a. Alaska, taïga de l'Alaska méridional, taïga de l'Alaska Central.

   b. Territoires du Nord-Ouest, Yukon : morts-terrains, routes, décharges.

7. Les basses températures du sol ont été accusées d'être l'un des facteurs limitant la croissance de la végétation dans les régions septentrionales, et pourraient être responsables de l'échec de plusieurs tentatives de reconstitution de la végétation dans de telles régions. En raison de l'importance qu'il y a à garder une couverture végétale adéquate sur les sols arctiques et sub-arctiques riches en glace, des expériences de laboratoire ont été effectuées, destinées à faire la lumière sur l'influence de la température du sol sur la croissance des plantes. A deux températures de sol (5° et 15°C), avec trois taux d'ammonium, on a obtenu des données montrant qu'une basse température du sol a un effet profondément inhibiteur sur la croissance des espèces de graminées apportées d'ailleurs. Contrairement aux herbes naturellement adaptées aux climat arctique, les espèces importées se sont avérées incapables d'utiliser les niveaux croissants d'éléments nutritifs à la température de 5°C. Pourtant on n'a observé aucune influence importante de la température du sol sur le contenu organique des éléments nutritifs des plantes. De hauts niveaux d'éléments nutritifs organiques ont été trouvés aussi bien dans les espèces adaptées que dans les inadaptées, ceci indiquant que ce facteur n'est pas spécifique aux régions nordiques. On suggère donc que les espèces destinées à la reconstitution de la végétation dans les régions du Nord soient sélectionnées en fonction de leur tolérance aux basses températures du sol, en utilisant des techniques de laboratoire relativement rapides.

L'un des paragraphes de ce rapport met l'accent sur l'importance particulière que revêt l'incapacité des espèces inadaptées à utiliser les éléments nutritifs du sol dans les terres froides, ce qui indique que

McCown, B.H., 1973

toute reconstitution de végétation utilisant ces espèces ne peut être stimulée par l'emploi d'engrais. Toutefois, la fertilisation peut être un bon moyen de stimulation efficace pour les espèces adaptées qui se sont révélées capables de profiter de taux supérieurs d'éléments nutritifs incorporés à des sols froids.

1. McCOY, D.

2. 1975

3. Tent Mountain reclamation site. Some analyses of materials used to prepare the base

   (Régénération à Tent Mountain. Quelques analyses des matériaux utilisés pour préparer le terrain).

4. Services de Protection de l'Environnement de l'Alberta. Division Sciences terrestres et permis, service du développement technique. Edmonton, 10 p.

5. Original

6. a. Alberta, Montagnes Rocheuses

   b. Alpine; morts-terrains

7. Le terrain à régénérer situé à Tent Mountain et appartenant à Coleman Collieries (Houillères Coleman) a une superficie d'environ 10 acres, sur une pente de 25° d'inclinaison face au Nord, à l'altitude de 7 000 pieds. Le matériau de base est constitué des résidus d'une mine de charbon à ciel-ouvert avec un sol de surface destiné à être répandu sur le terrain à régénérer.

Les analyses physiques et chimiques du matériau de base de Tent Mountain montrent qu'en moyenne 18% de celui-ci est constitué - en poids - de particules de moins de 2 mm de diamètre. Ce qui peut constituer une terre. La dimension des particules a son importance, car les plus petites particules sont chimiquement plus réactives et peuvent fournir un milieu adéquat à l'enracinement de la végétation. Les particules de dimensions plus grandes seront sans doute brisées par désagrégation physique et chimique naturelle et viendront ainsi s'ajouter aux petites.

La teneur totale en azote était élevée, mais non assimilable par la végétation sinon à long terme. Il était donc indispensable d'en fournir sous forme immédiatement assimilable. Les concentrations de nitrates ont été trouvées extrêmement faibles, ce qui exigeait un apport supplémentaire d'environ 100 lb. à l'acre.

Le phosphore extractible avoisinait 10 mg/kg, montrant que le matériau de base pouvait fournir le phosphore exigé pour la croissance des végétaux, cependant on pouvait estimer qu'un apport supplémentaire de 30 lb/acre de phosphore était utile.

McCoy, D., 1975

Les matériaux de base ne sont ni salins ni sodiques. Le pH se situe entre légèrement alcalin et légèrement acide, ce qui est idéal pour la plupart des cultures. La capacité d'échange de cations étant de 7.0 et de 5.7 me/100 g. pour les fractions a et b. L'application externe de terre, de tourbe ou de boue d'épandage est conseillée pour accroître la capacité d'échange de cations, cette application devant également augmenter la fixation des engrais.

1. McDONALD, J.D.

2. 1977

3. Reclamation planning for British Columbia Peace River Coal Block

   (Plan de régénération du gisement houiller de Peace River en Colombie-Britannique).

4. Document présenté au Symposium de Régénération de l'Industrie charbonnière, à l'Hôtel Banff Springs, les 13/17 février 1977, sous le patronnage de l'Association charbonnière du Canada. 19 p. plus appendices.

5. Original

6. a. Colombie-Britannique : Montagnes Rocheuses

   b. Alpine; Morts-terrains, routes, décharges

7. Dans le gisement houiller de Peace River, la reconstitution de la végétation est jugée une mesure essentielle à effectuer sur les terrils, les résidus (poteaux souillés), les mares de décharges, les déblais de charbon, sur toutes les pentes le long des routes et dans toutes les zones entourant les endroits cultivés.

Sur les mines exploitées par la Quintette Coal Ltd (90% en montagne, 10% en forêts) des essais de reconstitution de la végétation de la surface des terres perturbées ont été effectués en 1976. Parmi les graminées ayant montré une croissance prometteuse on peut citer la fétuque rouge rampante, le brome des prés, le vulpin agreste, la fétuque des prés, la fléole des prés et l'agrostide, alors que le chiendent ténu et le pâturin du Canada n'ont pas bien réussi. Il faut deux saisons pour que les légumineuses soient bien implantées, aussi lors des essais de 1976, la couverture était encore faible.

Les mélanges de graines utilisés sur le gisement houiller de Peace River sont les suivants :

Régions forestières	Régions alpines
Mélange n° 1	Mélange n° 1
Fétuque rouge rampante	Fétuque rouge rampante
Fléole ascendante	Fléole ascendante
Trèfle hybride	Trèfle hybride

McDonald, J.D., 1977

Mélange n° 2	Mélange n° 2
Fétuque rouge rampante	Fétuque rouge rampante
Fléole ascendante	Fléole ascendante
Chiendent huppé	Chiendent huppé
Brome des prés	Pâturin du Kentucky
Trèfle hybride	Vesce à couronne
	Fétuque rouge rampante
Mélange n° 3	**Mélange n° 3**
Fétuque rouge rampante	Pâturin du Kentucky
Trèfle hybride	Ivraie sauvage
	Trèfle hybride

Les variétés qui ont été soumises à évaluation sur les parcelles d'essais de la Peace River comprennent les espèces suivantes : Luzerne Beaver, trèfle Dawn, sainfoin Melrose, trèfle rouge Altaswede, trèfle blanc Nora, lotier pied-d'oiseau Leo, fétuque Oasis, chiendent huppé Fairway, fétuque dur Biljant, fétuque des prés Mimer, chiendent ténu Revenue, fétuque rouge rampante Boréal, chiendent velu Greeleaf, fléole ascendante, chiendent des berges Sodar, brome des prés Carlton, chiendent intermédiaire Chief, broma Magna, pâturin Kentucky Park, vulpin agreste commun Oregon, millet long rouge Castor, jonc colonial Exeter, ivraie russe sauvage Sawki.

Le prix de la régénération d'une terre perturbée peur varier de $100 l'acre, dans des conditions idéales, jusqu'à $5 000 l'acre. L'auteur résume les frais de régénération de la façon suivante : préparation des lieux (adoucissement des pentes, remplacement des terrains de recouvrement et du sol superficiel, traitement agricole) : De $125 à $12 500 par hectare. - Revégétation : frais de graines et d'engrais : de $250 à $500 par hectare, plus ou moins $250 par hectare pour les graines et paillis. Pour les plants d'arbres il faut compter de $300 à $500 par acre (0,4 ha).

L'auteur souligne que la régénération sera difficile aux houillères de Peace River en raison de l'altitude élevée et des zones perturbées. Toutefois les travaux effectués aux houillères de Kootenay et aux mines McIntyre de Grand Cache, dans l'Alberta, ont prouvé qu'on pouvait reconstituer une végétation à haute altitude. L'auteur conseille la création d'une pépinière centrale qui serait exploitée conjointement par plusieurs compagnies, en même temps que serait menée une recherche préliminaire sur l'utilisation des espèces naturelles en région alpine parmi celles qui se sont déjà bien adaptées aux conditions d'une courte saison de croissance dans des zones à haute altitude.

1. MacLEAN, A.J. et A.J. DEKKER

2. 1976

3. Lime requirement and availability of nutrients and toxic metals to plants grown in acide mine tailings

   (Besoins en chaux et disponibilité d'éléments métalliques nutritifs et toxiques aux plantes poussant sur des résidus miniers acides).

4. Canadian Journal of Science Soil 56 : 27-36

5. Parties du résumé fait par l'auteur, avec additions

6. a. Nouveau-Brunswick, Ontario, Québec : Taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; décharges

7. Des essais de végétation ont été effectués sur six échantillons de résidus miniers contenant des pyrites acides : [De Quémont (2 échantillons), Waite Amulet (Noranda), lac Elliot, échantillon fin, lac Elliot échantillon grossier, et Heath Steele (Nouveau-Brunswick)]. Avec des pH variant de 1.9 à 2.9. Du jonc-millet long a bien poussé sur les résidus auxquels on avait ajouté du calcaire et des engrais, excepté dans l'échantillon non travaillé qui contenant une proportion relativement élevée de soufre. Dans la plupart des cas, la composition des plantes n'a pas beaucoup différé de celles des mêmes plantes ayant poussé dans de la terre, quoique les concentrations de soufre aient tendance à être élevées. Dans cette expérience, de même que dans une autre tentée avec du sarrasin, une couche superficielle de terre a été déposée sur les résidus, avec une efficacité variable dans l'implantation de la végétation. Avec un calcaire inadéquat, la terre est devenue très acide et a libéré les quantités relativement élevées de Mn, Fe, et Al dans les plantes. Les résidus miniers n'ont pas le même pouvoir de "tampon" que la terre. Ainsi une réduction relativement faible de la quantité de calcaire appliquée peut réduire considérablement son efficacité.

Le lessivage à l'eau des débris miniers s'est révélé un procédé efficace qui enlève une quantité considérable d'acidité et augmente le pH des résidus d'au minimum 1 unité de pH. Un lavage périodique de l'acide formé pendant les intempéries réduirait la quantité de calcaire requise pour permettre la végétation.

Les différences existant entre espèces végétales dans le taux d'absorption des métaux peut expliquer pourquoi les concentrations métalliques n'étaient pas excessives dans le jonc, en dépit de la réaction extrêmement acide notée dans l'un des résidus en particulier. Dans le test

effectué avec le jonc, les métaux lourds n'ont pas présenté de problème du moment qu'une quantité suffisante de calcaire était ajoutée. En se basant sur cette étude, il n'est pas probable qu'une couche superficielle de terre puisse avoir une efficacité à long-terme suffisante pour entretenir une végétation sur des décharges acides non chaulées de façon adéquate, mais une telle couche pourrait constituer un terrain efficace pour la germination des graines et la première croissance sur des décharges de résidus enclins à former une croûte.

1. MACYK, T.M.

2. 1974

3. Reclamation research direction and priorities

(Direction de la recherche en matière de régénération des terres, et priorités).

4. In : D. Hocking et W.R. MacDonald, Éditeurs : travaux d'un atelier consacré à la régénération de terrains perturbés en Alberta. Centre de recherche des forêts du Nord, Edmonton. Rapport d'information NOR-X-116, p. 211-213

5. Original

6. a. Alberta : Montagnes Rocheuses

b. Région alpine : morts-terrains, routes

7. Les quatre priorités que l'auteur estime indispensables en matière de recherche sur la régénération des terres sont les suivantes :

1. Coopération entre le gouvernement et l'industrie pour assurer une fourniture adéquate de graines et de plants destinés à la reconstitution de la végétation;

2. Développement d'une méthode convenable et réalisable économiquement pour constituer une végétation sur les pentes abruptes. L'hydro-ensemencement n'est pas une solution à ce sérieux problème;

3. Des études poussées sur les sols, les eaux souterraines et la végétation, effectuées avant l'exploitation minière sont une exigence en matière de développement des ressources naturelles. Un dossier concernant l'état des terres avant les perturbations entraînées par l'exploitation minière doit servir de guide indispensable pour l'estimation des probabilités de succès d'une régénération;

4. Les compagnies minières devront être tenues d'enregistrer avec précision et diligence toutes les données météorologiques concernant leurs zones d'exploitation.

L'auteur souligne l'importance qu'il y a à faire des essais au moyen de boutures d'arbustes dans des conditions extrêmes de sols et de climats, et à développer potentiellement des plantes hybrides comprenant des éléments génétiques d'espèces indigènes.

1. MACYK, T.M.

2. 1974

3. Revegetation of strip mined land at n° 8 Mine, Grand Cache, Alberta

   (Reconstitution de la végétation sur la mine à ciel-ouvert de la Mine n° 8, à Grand-Cache, Alberta).

4. In : D. Hocking et W.R. MacDonald, Éditeurs : travaux d'un atelier sur la régénération de terres perturbées dans l'Alberta. Centre de recherche de la forêt du Nord, Rapport d'information NOR-X-116 p. 184-188

5. Original

6. a. Alberta; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine : décharges

7. La régénération des terres sur la Mine n° 8 à Grand Cache, située dans la région des vallonnements de l'Alberta, à une altitude de 5 300 pieds a débuté au printemps de 1972.

Sur cette mine, la terre de surface, constituée d'horizons A, B et C combinés, a été conservée pour être remise en place. Une carence en matières organiques résultait de la densité de cette terre et de la croûte qui s'était formée à sa surface. Deux emplacement sur les déblais et deux sur les pentes orientées au sud-ouest, furent choisis pour tenter les essais de reconstitution de végétation.

Les espèces de graminées qui semblèrent les mieux adaptées lors des expériences de 1972 et de 1973 comprenaient : le chiendent huppé Fairway, le millet russe Sawki, le brome Carlton, la fétuque rouge rampante Boreal, le chiendent intermédiaire, le ray-grass anglais, le chiendent ténu, la fétuque dure, le pâturin Nuggett et la fétuque rouge rampante Erica.

Les semis de printemps se sont avérés supérieurs aux semis d'automne. Les semis du milieu de l'été donnèrent de mauvais résultats en raison de la sécheresse de la surface du sol et de la formation d'une croûte. Les légumineuses en cours de germination se sont montrées particulièrement sensibles au froid hivernal.

Les pentes abrutes ont causé des problèmes en raison du manque d'endroits où les graines et les engrais auraient pu s'établir en terre meuble. Sur ces pentes, les graminées n'ont poussé que sous forme de touffes groupées autour de pierres ou dans de petits creux.

Macyk, T.M., 1974

Le succès de la végétation dans des endroits constituant des micro-dépressions fut meilleur dans les endroits où l'humidité du sol était bonne et où existait une protection contre le vent. D'où l'importance de la microphotographie en matière d'implantation d'une nouvelle végétation. La réussite des arbres a également dépendu de leur plantation dans des sols accidentés leur assurant une certaine protection contre le vent.

1. MAINS, G.

2. 1977

3. Nutrient cycling : recreating a natural soil and biological system

(Le cycle nutritif : recréer un sol naturel et un système biologique).

4. Document présenté au symposium de l'Industrie charbonnière consacré à la régénération des terres, au Banff Springs Hotel, du 13 au 17 février 1977, sous l'égide de l'Association charbonnière du Canada.

5. Original

6. a. Alberta, Colombie-Britannique : Montagnes Rocheuses

b. Région alpine : morts-terrains, routes.

7. L'auteur a suggéré que dans les systèmes écologiques présentant des conditions hostiles ou limitatives, les mécanismes du cycle nutritionnel jouaient un rôle relativement plus important en matière de survivance des espèces. Les conditions hostiles à la végétation dans les régions alpines et subalpines comprennent : les courtes saisons de croissance, les grosses pluies sporadiques, les longs hivers ainsi que le faible apport en matières nutritives. Bien que les relations réelles entre microbes et plantes vasculaires restent à déterminer en ce qui concerne les régions alpines et subalpines, l'auteur estime que ces relations revêtent une importance fondamentale lorsqu'il s'agit d'étudier les approches d'une reconstitution de la végétation.

L'auteur souligne que les espèces non-indigènes, en particulier les graminées établies sur des déblais à faible altitude, avaient tendance à bien pousser pendant seulement quelques saisons, dépassant même les espèces indigènes, puis à dépérir, laissant le champ libre à l'érosion. Beaucoup ne sont pas fertiles dans les conditions climatiques alpine ou subalpine. Les graminées indigènes, si elles sont soigneusement choisies, peuvent contribuer à la revalorisation de la nature. Beaucoup d'espèces indigènes ne sont pas disponibles actuellement sinon de façon limitée, mais dans l'état actuel des connaissances et en raison des recherches en cours sur les moyens de multiplier les plantes alpines par des semis et des boutures, on peut estimer que d'ici une douzaine d'années et même moins, on pourra se procurer commercialement ces graines et ces plantes. Lors du choix des espèces, on recommande de garder un équilibre entre plantes à racines profondes et plantes à racines superficilles, entre variétés fixatrices d'azote et variétés stabilisatrices.

Mains, G., 1977

La régénération des terres à haute altitude peut exiger plusieurs phases de plantation afin d'accélérer le développement des espèces. Le semis initial d'espèces nouvelles, telles que la fléole alpine et différentes herbacées de la famille des stypas, pourrait être suivi après plusieurs années du semis d'espèces intermédiaires et culminantes telles que la fétuque grossière et le chiendent alpin. Concurremment aux premiers ensemencements, on pourra planter dans des poches de terreau organique des boutures de variétés locales de saules, de dryas, de bleuets du Canada, de bruyère et de sauge alpine. De même pourrait-on planter sur les pentes, pour les stabiliser, des boutures des genévriers et d'osier pourpre (kinnikinnick).

D'autres chercheurs ont noté que la fertilisation du sol par des engrais profitait fréquemment aux espèces importées au détriment des espèces locales. Même limitée, la fertilisation peut aider l'implantation des premières espèces, mais une fertilisation permanente tendra à suspendre le développement d'une nouvelle chaîne du cycle nutritionnel.

L'auteur conseille qu'on se livre à de nouvelles études pour déterminer quelles sont les plantes les plus importantes en tant que symbiotes de mycorhizes et qu'on étudie également les méthodes propres à répandre les mycètes mycorhizes.

1. MARX, D.H.

2. 1975

3. Mycorrhizae and establishment of trees on strip-mined land

   (Les mycorhizes et la plantation d'arbres sur les terrains de mines à ciel-ouvert).

4. The Ohio Journal of Science 75 : 288-297

5. Original

6. a. Tous les pays du monde

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; Résidus miniers

7. Trois espèces de mycorhizes (mycorhizes ectotrophes, mycorhizes endotrophes et mycrohizes ectoendotrophes) sont décrites en fonction de leur valeur potentielle pour la reconstitution de la végétation sur les terres de mines à ciel-ouvert. Les mycorhizes ectotrophes apparaissent sur de nombreux arbres forestiers importants. L'association symbiotique du mycélium d'un champignon et de racines est extrêmement fréquente dans les conditions naturelles du sol, et en fait ce sont les plantes sans mycorhizes qui constituent l'exception. La contagion ectomycorhizienne provient des hyphes (propagules) de ces symbiotes fongeux dans la rhizosphère des racines nourricières où les propagules croissent végétativement sur la surface de la racine, formant un manteau fongique. Par contraste, l'infection fongique endomycorhizienne prend la forme d'une chaîne lâche d'hyphes sur la surface des racines nourricières et forme plus souvent de grandes spores visibles à la surface de ces racines ou dans leur tissu même. Des structures appelées arbuscules, spécialisées dans l'absorption ou l'échange nutritif, peuvent se former dans les cellules du cortex. Des vésicules peuvent également être produites par des champignons dans le cortex.

La plupart des champignons qui forment des mycorhizes ectotrophes avec les arbres des forêts sont des basidiomycètes; tandis que la plupart des champignons qui forment des mycorhizes endotrophes avec les arbres des forêts sont des phytomycètes, appartenant principalement à la famille des endogonacées. Ces champignons vivent aux dépens de l'arbre dont ils tirent leurs principaux éléments nutritifs afin d'achever leur cyle vital. Un seul arbre peut avoir de nombreux champignons susceptibles de former des mycorhizes, et un seul champignon peut s'associer à de nombreuses espèces d'arbres.

Les mycorhizes ectoendotrophes n'ont qu'une importance écologique mineure et l'on connaît très peu de champignons de cette espèce ayant un influence sur la croissance des arbres.

Marx, D.H., 1975

Les mycorhizes ectotrophes sont bénéfiques pour la croissance d'un arbre et sont même indispensables pour certaines espèces, comme par exemple les *pins*, dans les situations de sols naturels. Les arbres ayant beaucoup de mycorhizes ectotrophes possèdent une surface de racines fongiques plus grande, douée d'activité physiologique propre à assurer l'absorption des substances nutritives et de l'eau. Leur présence semble accroître la tolérance des arbres à la sécheresse, aux températures de sol élevées, aux toxines du sol (organiques et non organiques), et aux valeurs extrêmes du sol en pH provoquées par de hauts niveaux de souffre ou d'aluminium. Les champignons de mycorhizes ectotrophes sont actifs également dans le processus de dégradation des matières organiques du sol et de certains minéraux, et rendent assimilables aux arbres des éléments nutritifs essentiels, enfin ils agissent comme préventifs biologiques contre les infections par les éléments pathogènes des racines.

On a peu étudié l'influence des mycorhizes endotrophes sur les arbres, excepté pour signaler que les arbres porteurs de ces champignons possédaient des racines assimilant plus efficacement les éléments nutritifs, particulièrement le phosphore. Jusqu'à présent on a pu constater qu'une seule espèce d'arbre (le nyssa, ou tupelo) était protégée par les mycorhizes endotrophes, de la même facon que le *pin* ne s'implante bien que sous la protection des mycorhizes ectotrophes.

Les facteurs affectant le développement mycorhizien sont le potentiel de photosynthèse et la fertilité du sol. Une forte intensité lumineuse et uen fertilité du sol faible ou modérée favorisent le développement des mycorhizes. Par contre une intensité lumineuse inférieure à 20% du plein ensoleillement et une fertilité du sol excessivement élevée peuvent réduire ou même arrêter complètement le développement. En général, la situation prévalant au dessus de la surface du sol et qui influence la croissance des racines, influence dans une certaine mesure le développement des mycorhizes. Les facteurs affectant directement les symbiotes fongique : températures extrêmes du sol, pH, humidité, présence de microorganismes antagonistes dans du sol, sont ceux mêmes qui règlent la survivance ou la croissance des propagules contagieuses ou leur croissance végétative sur les racines.

Les recherches ont démontré que certains arbres, les pins par exemple ont obligatoirement besoin pour pousser normalement de la présence de mycorhizes ectotrophes, et l'introduction des champignons essentiels est nécessaire lorsqu'on veut reboiser avec cette espèces d'arbres. La contagion des racines a été effectuée en introduisant des cultures pures de champignons, en apportant de la terre contenant des mycorhizes ectotrophes, ou en manipulant quelques peuplements faibles pour encourager le développement.

Marx, D.H., 1975

En ce qui concerne les sols de mines à ciel-ouvert qui ne ressemblent pas physiquement, chimiquement ou biologiquement à des sols naturels, différents chercheurs ont découvert qu'un développement précoce de mycorhizes ectotrophes était indispensable pour assurer la réussite de l'implantation de plusieurs espèces d'arbres comprenant deux sortes de bouleaux et de peupliers faux-trembles sur des résidus houillers de Pensylvanie. Les jeunes plants dépourvus de mycorhizes ectotrophes restèrent chlorotiques et moururent. Quatre basidiomycètes ont pu être identifiés sur des plants survivants, notamment le *pisolithus tinctorius*. Dans de nombreux cas, cette dernière espèce était le premier symbiote sur les jeunes plants et l'on estima que seuls quelques mycorhizes ectotrophes peuvent s'adapter aux conditions du sol sur les déchets d'anthracite. D'autres chercheurs ont découvert que la formation de certains mycorhizes ectotrophes était réglée par la température et une étude faite sur des résidus d'une mine à ciel-ouvert dans l'Est a montré que le *pisolithus basidiocarps* prédominait, avec ses filaments mycéliens dorés uniques, et était parfois le seul mycorhize ectotrophe présent sur des racines de pins et de peupliers (*pinus et betula*) dans des résidus ayant un pH entre 3,5 et 5,5.

Certains champignons de mycorhizes ectotrophes sont plus bénéfiques que d'autres pour la croissance d'un arbre. Le *pisolithus* peut être plus bénéfique que d'autres pour la réussite du *pinus* et du *betula* lorsqu'on se trouve sur des mines à ciel ouvert. L'introduction du *pisolithus* dans les terres de pépinières a amélioré la croissance. On examine actuellement les moyens d'introduire ce champignon dans des plants placés en conteneurs.

La survivance des plants de *pins* porteurs de mycorhizes de l'espèce *pisolithus* dans le sol d'une mine de charbon à ciel-ouvert du Kentucky a été de 45,5%. On peut effectuer la comparaison avec le taux de survivance de plants identiques porteurs d'un autre mycorhize, espèce *Thelephora*, qui ne fut que de 1,5%. L'emplacement avait été déjà été planté cinq fois annuellement, avec un échec total chaque année. Des résultats comparables ont été obtenus dans l'Ohio, avec les deux mêmes mycorhizes ectotrophes. Un problème qui apparaît lors des recherches effectuées sur les mycorhizes réside dans le maintien de l'intégrité d'une association mycorhizienne spécifique car le *Pisolithus* recolonise extrêmement rapidement les racines des plants d'essai.

Se basant sur des documents de recherche l'auteur indique que la répartition géographique du *Pisolithus* est pratiquement mondiale et qu'on l'a trouvé en Europe, en Asie, en Afrique, en Amérique du Sud et en Amérique Centrale ainsi qu'au Moyen-Orient. Sa gamme de présence couvre 35 espèces ou variétés de pins, deux d'eucalyptus, deux de peupliers et probablement six *Quercus*.

Marx, D.H., 1975

La recherche encore limités effectuée sur l'endomycorhize et les résidus des mines à ciel-ouvert a établi que l'endomycorhize peut être indispensable pour la survivance et la croissance des plantes herbacées sur des terrains de déchets de charbon. Des endomycorhizes abondantes ont été trouvées dans les racines de plusieurs herbacées, notamment de graminées, sur des décharges de houille et de bitume en Ecosse et en Pennsylvanie. Sur des décharges charbonnières réaffectées à la végétation par voie naturelle ou artificielle dans le Kentucky et en Virginie, une gamme de graminées sauvages et cultivées se sont révélées endomycorhiziennes à un certain degré. On estime que l'infection mycorhizienne était déjà présente sur les graminées sauvages et les arbres plantés sur des matériaux de décharge. Il est nécessaire d'effectuer des recherches sur la valeur des endomycorhizes pour la survivance et la croissance des plantes poussant sur des terrains de mines à ciel-ouvert, en prodécant à des tests sur différentes espèces de fongi qui persistent dans les déchets, spécialement des fongi endomycorhiziens ayant des potentialités telles que celles du *pisolithus tinctorius*. Aussi bien la recherche devra-t-elle conduire à déterminer l'importance des endomycorhizes sur les premières espèces plantées. Ces dernières en ont-elles besoin pour une croissance normale, et la succession des espèces herbacées serait-elle la même si des quantités et des qualités suffisantes d'endomycorhizes étaient présentes dans les matériaux des résidus miniers?

1. MICHELUTTI, R.

2. 1974

3. How to establish vegetation on high iron-sulphur mine tailings?

   (Comment implanter une végétation sur des haldes de mines de fer à haute teneur en soufre)?

4. Canadian Mining Journal 95 (10) : 54-58

5. Original

6. a. Ontario, Taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional : Haldes

7. La moitié du minerai provenant des mines de nickel de Falconbridge dans le bassin de Sudbury, consiste en produits de déblais. Lorsque la chose est possible, on utilise des bassins fermés ou des lacs pour y accumuler les résidus, mais si de telles dépressions naturelles ne sont pas disponibles, les schlammes (dont la dimension est généralement inférieure à 25 microns) sont entassés derrière des digues artificielles. Ces digues posent des problèmes locaux, en raison de suintements acides (fréquemment d'un pH inférieur à 3.0) de fortes tempêtes de poussières, et aussi de leur laideur.

Une couverture végétale constitue la meilleure solution à ces problèmes, mais doit surmonter des obstacles tels que le manque d'éléments nutritifs, la nature des haldes constituées de fines particules, et les fortes concentrations métalliques probablement toxiques, spécialement de pyrrhotine qui produit des quantités d'acide sulfurique interdisant toute forme de végétation. Des machines spéciales peuvent être indispensables pour effectuer une reconstitution de la végétation sur des haldes non encore complètement asséchées. Les haldes doivent être entièrement plantées en une seule fois afin d'éviter l'ensablage de la végétation ou son ensevelissement sous des terres provenant de zones non stabilisées.

Les résultats des recherches entreprises depuis 1970 dans les mines de nickel ont donné une indication sur les différentes étapes que doit suivre toute reconsitution de la végétation de zones à forte teneur en soufre (pyrrohotine) : 1) la région des haldes doit être en premier lieu recouverte d'une couche de la meilleure terre locale possible, sur une épaisseur de 4 à 6 pouces. Si cette terre a une faible teneur en matières organiques elle doit être enrichie de boue d'épandage, de fumier ou de terreau. Ceci ayant pour effet de réduire le taux de sel remontant en surface et d'augmenter la capacité d'échange de cations. 2) en second lieu, il convient de répandre sur le sol ainsi préparé

Michelutti, R., 1974

de la dolomite agricole pulvérisée supérieure (mialles 60%-100) à raison de 10 tonnes par acre. 3) il convient alors de répandre en engrais 6-9-6 50% d'urée et aldéhyde formique à raison de $\frac{3}{4}$ de tonnes par acre. Le facteur de libération lente de cet engrais conbribuera à assurer aux plantes un long soutien sans autre entretien. Les engrais à libération instantanée peuvent se dissoudre et être évacués en cas de fortes pluies. Dès lors ils sont perdus. 4) le mélange de graines employé à cet endroit pour l'ensemencement consiste en seigle d'automne, brome, agrostis rose, agrostis colonial, fétuque rouge rampante, fétuque ovine, trèfle d'odeur (mélilot), luzerne pourpre, et trèfle blanc utilisé à raison de 60 livres/acre pour le seigle et de 90 livres/acre pour le total des autres graines mélangées. 5) en dernier lieu, on retiendra qu'un paillis est utile pour protéger les jeunes pousses.

1. MIKHAYLOVSKIY, V.V. et A.A. LOLUA

2. 1976

3. Protection of the environment during the construction of main gaslines in the far north

   (Protection de l'environnement pendant la construction de gazoducs principaux dans le Grand Nord).

4. In : Melnikow, P.I. Éditeur. Extraits choisis d'un symposium sur la protection de l'environnement en relation avec le développement économique des régions de permafrost (pergélisol). Corps des ingénieurs de l'Armée des E.U., Laboratoire de Recherche et d'ingénierie des régions froides, Hanover, New-Hampshire. Traduction 518, p. 51-52.

5. Original

6. a. U.R.S.S.; taïga de l'Est de la Sibérie

   b. Îles de l'Arctique, toundra continentale, région du delta du Mackenzie, Côte du Yukon; routes.

7. Ce rapport dresse la liste des méthodes alternatives visant à recréer une couche isolante lorsque des régions glacées ont été perturbées, y compris le dépouillement et le remplacement de la végétation de la toundra. Les auteurs soulignent que, bien que cette méthode soit relativement peu coûteuse, il n'y a pas de certitude que les plantes ayant eu un réseau d'enracinement perturbé reformeront comme avant une couverture isolante uniforme. Dans ce doute, les auteurs ont porté toute leur attention à la restauration d'une couverture végétale par ensemencement de graminées à croissance rapide.

En plus de semis de graminées et de l'alternative d'hydro-semis, les auteurs étudient l'emploi d'espèces ligneuses. Sur le tracé du gazoduc Messoyakha-Noril'sk, après comblement des tranchées, les pentes ont été renforcées par la plantation d'aulnes et de saules.

1. MILLBANK, P.

2. 1976

3. Industrial waste heals landscape's toxic scars

(Amoncellements de déchets industriels toxiques).

4. Surveyor 147 : 10-12

5. Original

6. a. Pays de Galles : Forêts britanniques

b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; résidus.

7. L'unité de remise en état de l'environnement de l'Université de Liverpool, créée en 1974 sous la direction du professeur A. Bradshaw, du Département de Botanique, expérimente des résidus non toxiques provenant d'industries d'extraction, en tant qu'éventuelle couverture améliorante du sol pour aider à la reconstitution de la végétation sur des amoncellements de déchets fortement toxiques. Des résidus houillers, des résidus de briques, calcaires, ardoises, ainsi que du mâchefer provenant d'aciéries constituent ce genre de matériau propre à constituer une couverture. La plantation de graminées métallo-tolérantes constitue une solution pour de petites zones difficiles d'accès où il n'est pas possible de répandre un matériau de couverture. Si ces graminées contiennent jusqu'à 1.000 µgm/gm de métal dans la plante, elles ne sont pas aptes à former des pâturages.

Des essais ont été effectués dans le Pays de Galles, sur des parcelles de terre contenant 1,2% de plomb et 2,5% de zinc, ces deux teneurs dépassant le seuil au-dessus duquel les variétés commerciales de graminées peuvent pousser. Les traitements ont consisté en déchets houillers brûlés, en déchets houillers brûlés additionnés de boue d'épandage, de mâchefer, de terre de surface, et en ensemencement direct sur les résidus métalliques, avec et sans engrais. Les parcelles furent ensemencées en mai et en juin. On n'a pas utilisé de plantes légumineuses bien que le fait d'entremêler telles espèces - par exemple du trèfle - puisse apporter de l'azote au sol, mais il exige dans le même temps un apport de calcium et de phosphore.

Les résultats préliminaires indiquent que les résidus charbonneux non-toxiques constituent une couverture commode pour les amoncellements de déchets fortement toxiques, tout dépendant de l'usage qu'on compte finalement faire du terrain. La terre de surface n'est pas utilisable, car elle provoque une croissance forte et rapide des racines qui atteignent très vite les déchets métalliques toxiques du dessous. Une nouvelle année de contrôles est prévue pour succéder aux deux années dont nous venons de parler ici.

1. MILLER, R.M.

2. 1976

3. Some effects on soil microbiota of topsoil storage during surface mining

   (Quelques effets sur la microbiologie de la terre de surface mise en réserve pendant les travaux miniers à ciel-ouvert).

4. In : Quatrième symposium sur l'exploitation minière à ciel-ouvert et la remise en valeur des terrains. National Coal Association, Washington D.C., Volume 1, p. 131-135

5. Original

6. a. Dakota du Nord, herbages

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional : terrains de recouvrement.

7. Un premier renseignement recueilli du Nord-Dakota suggère que lorsque de la terre provenant de terrils est répandue sur des déchets renivelés, on observe une diminution de la qualité de la terre. De façon caractéristique, ces terres perturbées présentent une densité de masse accrue (mais une porosité diminuée), une diminution de leur capacité à retenir l'eau, une réduction de leur teneur en matières organiques et une numération microbienne réduite. Ces modifications sont attribuées à la méthode d'entassement qui provoque un mélange physique des horizons de terres, d'où s'ensuit un abaissement de la concentration de matières organiques dans les sols ainsi stockés. Les couches inférieures sont compressées par le poids des couches supérieures, dont l'importance est régie par la texture même du sol.

La capacité d'échange de cations et les concentrations de cations des terres stockées tendent à être plus basses que celles observées dans les échantillons non perturbés, probablement en raison du mélange des horizons.

La perte de matières organiques de la terre de surface est l'un des phénomènes les plus nuisibles. Les proportions carbone/azote indiquent une totale immobilisation de l'azote, en termes de disponibilité pour l'alimentation des plantes, et ceci rend indispensable l'apport d'engrais afin de favoriser la reconstitution de la végétation sur cette terre.

La numérotation microbienne dans les terres stockées est très inférieure en ce qui concerne tous les groupes d'organismes étudiés. On note également une diminution de la diversité apparente de la population

Miller, R.M., 1976

d'algues. En raison des conditions de stockage l'environnement dynamique aérobique de la terre devient essentiellement anaérobique. Les effets de ces modifications sur la population microbienne du sol ne sont pas encore connus avec précision.

Une diminution de la productivité d'une terre perturbée est prouvée. Elle est due à plusieurs facteurs, le plus important étant une rupture des processus physiques et biochimiques. L'épaisseur et la durée du stockage ont un effet important sur la faune et la flore microscopiques du sol.

1. MILLINGAN, A.W. et R.J. BERDUSCO

2. 1977

3. Reclamation problems at high elevations

   (Problèmes de mise en valeur à hautes altitudes).

4. Document présenté au Symposium de l'Industrie charbonnière consacré à la mise en valeur des terres, Hôtel Banff Springs, 13-17 février 1977, sous le patronnage de l'Association charbonnière du Canada. 13 p.

5. Original

6. a. Colombie-Britannique, Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine, morts-terrains, routes.

7. Lorsque la société Kaiser Resources Ltd, a pris en charge ses propriétés actuelles dans le filon houiller de Crows Nest et celui de l'Elk River, elle a hérité de plusieurs emplacements de mines mises en sommeil qui étaient disponibles pour une immédiate remise en valeur du sol. Ces emplacements s'étaient déjà révélés au cours des années, plus riches en information que ne l'avaient été toute une série de petites parcelles d'essais. Les espèces végétales et les techniques pouvaient être évaluées en fonction des pentes, de la nature et de la diversité des matériaux résiduels sur un seul terrain. Il était également possible d'étudier ce que la vie sauvage avait fait de la nouvelle végétation.

En raison d'un pH accru et d'une diminution du contenu en matières organiques des résidus présents dans cette zone, la plupart des espèces d'arbres locales trouvaient difficilement à se nourrir, à deux exceptions toutefois : le bouleau à papier et le peuplier du Canada. En ce qui concerne les arbustes, les auteurs ont souligné qu'il existe encore beaucoup d'inconnues quant à leur croissance, à la stratification de leurs graines et à leurs moyens de propagation.

Les auteurs ont indiqué que bien que la Kaiser Resources Ltd. continue d'utiliser des espèces agronomiques de graminées et de légumineuses, on a dû reconnaître que cette approche ne serait peut-être pas la meilleure à long terme. Ils ont prédit que l'emploi d'espèces locales devrait mériter plus d'attention au cours des années à venir, spécialement aux plus hautes altitudes. L'approche est basée sur l'idée qu'une couverture végétale rapide de graminées n'empêchera nullement la plantation ultérieure d'arbustes et d'arbres dont la germination aurait été faite en serre ou en pépinière.

Millingan, A.W. et R.J. Berdusco

La phase la plus importante de tout programme de remise en valeur est celle de la préparation du site. Celle-ci poursuit deux objectifs : rétablissement des lignes de partage des eaux sur les terres perturbées, création des conditions favorables à l'implantation de la végétation. Les expériences ont prouvé que l'angle de pente maximum pour la reconstitution de la flore sur un bon matériau de base ne dépasse pas 28^{o}, mais que 26^{o} constitue l'objectif général à atteindre étant donné que cette pente favorise l'implantation des jeunes pousses, permet aisément l'ensemencement, le hersage et la fertilisation par les engrais. Toutefois, de récents essais effectués à petite échelle sur des pentes de 30^{o} ont donné de bons résultats pour la reconstitution de la flore dans la zone de la Kaiser soumise aux études.

L'application d'engrais sur la végétation implantée s'est effectué sur une base annuelle. Aucune limite de temps définitive n'a été fixée quant au nombre d'années qu'il faudra avant que la végétation ne demande plus aucun entretien. On ne connaît pas encore grand chose sur les engrais à utiliser. Une meilleure connaissance du cycle nutritionnel des espèces implantées permettra sans nul doute un emploi plus efficace des engrais.

1. MITCHELL, W.W.

2. 1972

3. Adaptation of species and varieties of grasses for potential use in Alaska

   (Adaptation d'espèces et de variétés de graminées pour utilisation potentielle en Alaska).

4. In : B.H. McCown et D.R. Simpson, coordinateurs. L'impact de l'exploitation des ressources pétrolières sur les communautés végétales nordiques. 23e AAAS Conférence scientifique de l'Alaska, Université de l'Alaska, Fairbanks, Alaska, p. 2 à 6.

5. Original

6. a. Alaska, taïga de l'Alaska méridional, taïga de l'Alaska central

   b. Territoires du Nord-Ouest, Yukon : Morts-terrains, routes, résidus.

7. Plusieurs espèces cultivées ont prouvé qu'elles étaient valables en vue de la reconstitution de la flore dans l'Alaska boréal. De toutes les plantes disponibles dans le commerce, les graminées ont paru les mieux adaptées. Le brome et la fléole constituent l'essentiel du fourrage agricole en Alaska. On peut leur ajouter le vulpin des prairies quoique moins employé. Sur les tourbières, le pâturin (ou herbe bleue) et la fétuque rouge sont les meilleurs. La fléole est préférée dans les régions les plus proches des côtes et le brome dans les régions sèches et l'intérieur. Toutefois il faut observer que ces informations concernent les régions de cultures favorisées en Alaska, et qu'on manque des renseignements indispensables sur les régions de toundras et celles des sols pauvres impropres à l'agriculture.

Des essais de reconstitution de la végétation au moyen de treize espèces de graminées vivaces ont été effectués à titre expérimental dans plusieurs régions climatiques différentes de l'Alaska, comprenant la toundra océanique, la région maritime fraîche, le climat côtier insulaire; l'intérieur à climat continental, les régions alpines, arctiques et subarctiques. Les résultats observés dans les climats boréal et de la toundra sont les seuls étudiés dans ce rapport.

Dans la zone boréale, les conditions de croissance sont favorables pour plusieurs espèces de graminées dans des endroits de type moyen, mais se sont également révélées propres à la réussite dans les endroits ou plus secs ou plus humides, de même que dans les conditions d'acidité rencontrées dans les fondrières et les marécages. Le vulpin, les

Mitchell, W.W., 1972

fétuques et la fléole sont les mieux adaptés aux sols tourbeux. Le brome, les fétuques, le vulpin des prés. certains chiendents et l'élymus (ivraie) paraissent les mieux adaptés aux régions boréales sèches.

Les régions de toundras sont les plus limitées au point de vue végétal en raison de la saison de croissance fraiche et courte. Les zones de toundra alpine sont plus favorables aux graminées que celles de la toundra arctique. Parmi les graminées du commerce, les fétuques, chiendents, le vulpin des prés et les fléoles semblent les mieux adaptées aux conditions de la toundra, mais il existe des différences au plan des variétés. Il arrive qu'une variété viendra bien dans les zones boréales et échouera dans les toundras. C'est pourquoi la préférence donnée à certaines variétés revêt une grande importance. En Alaska, les applications annuelles d'engrais sont une obligation si l'on désire avoir une forte production de graminées. Les terres de l'Alaska sont particulièrement pauvres en phosphates et des applications de N,P et K à raison de 500 livres/acre, avec inclusion de 80 à 150 livres de phosphates sont conseillées, avec seconde application d'engrais l'année suivante de préférence. Ce sont les sols tourbeux ou acides qui présentent les plus de problèmes, particulièrement au sujet de l'équilibre nutritif et des incidences de maladies. Les taux et rapports d'engrais peuvent influencer la résistance aux maladies. La survivance hivernale qui est influencée par les problèmes de maladies, s'est révélée plus faible dans certains essais menés avec des taux élevés d'azote. Des problèmes de maladies ont tendance à survenir dans des zones sujettes à fontes de neiges prolongées et à formation d'étangs. Les autres problèmes survenant dans les régions boréales comprennent notamment la mort hivernale consécutive à la rupture physique et très peu des plantes actuellement disponibles dans le commerce peuvent la tolérer. La maladie présente moins de problème dans cette région malgré des situations semblables telles que la formation d'étangs.

Si on leur accorde un temps suffisant, les graminées et les espèces ligneuses locales finissent par occuper les terres perturbées, allant jusqu'à faire des incursions dans les parcelles de graminées implantées. Une surveillance permanente est indispensable si l'objectif désiré est d'entretenir des parcelles de graminées extérieures. Si on ne recherche pas ce but, les espèces locales envahiront tout. L'emploi de plantes d'espèces extérieures peut améliorer le site en le rendant plus favorable à la croissance des plantes d'espèces locales. De très nombreuses espèces locales possèdent une excellente résistance potentielle aux maladies, par exemple le *Calamagrostis latifolia* (Calamagrostide) et l'*Arctagrostis latifolia* (Arctagrostide). Les plantes locales semblent sacrifier leur production de graines à leur croissance végétative. Des transplants végétaux ont été utilisés dans les régions posant des problèmes, mais les facteurs de prix incitent à l'emploi de semences. Aussi bien la sélection des plantes locales est elle basée tant sur leur capacité de production de graines que sur leurs caractériques de

Mitchell, W.W., 1972

croissance. Une fois implantées, les espèces locales bien adaptées à une région et à un site donné poussent vigoureusement et persistent sans l'entretien indispensable aux plants agronomiques. C'est pourquoi il convient d'incorporer des semences locales à tout mélange de graines destinées à une zone qu'on désire voir retourner à sa condition originelle, mais il faut un travail considérable pour obtenir des graines locales en quantité suffisante pour réussir une reconstitution de la végétation.

En sus de ce problème de la production de semences à partir de plantes locales, on remarque que les graines elles-mêmes ne sont fréquemment pas viables et qu'elles sont difficiles à récolter et à manipuler. De même, beaucoup de plantes locales réussissent mal hors de leur aire d'habitation ou meurent pendant l'hiver. Leur rythme de croissance saisonnière peut être bouleversé lorsqu'on les déplace hors de leur région d'adaptation. De fortes différences existent entre les biotypes mais ceci peut constituer un facteur positif dans le processus de sélection.

Les graminées d'origine extérieure ayant réussi en Alaska provenaient de latitudes septentrionales, la plupart des pays scandinaves et du Canada. Grâce à la sélection et à l'alimentation, ces variétés commerciales avaient des pousses plus vigoureuses que les plantes locales.

Il faut plusieurs années d'essais pour vérifier les variations climatiques et on a besoin de plus amples informations sur la persistance des parcelles d'essais et les méthodes de culture nécessaires pour entretenir convenablement les champs de graminées.

1. MITCHELL, W.W.

2. 1973

3. Progress with grass variety and fertilization studies in revegetation

   (Progrès accomplis en matière de reconstitution de la flore grâce à des études sur les variétés de graminées et leur fertilisation par engrais).

4. In : 23^{e} conférence scientifique de l'Alaska, Division Alaska de l'American Association for the Advancement of Science, College, Alaska, p. 113.

5. Résumé par l'auteur, avec modifications

6. a. Alaska, taïga de l'Alaska méridional, taïga de l'Alaska central, toundra de l'Alaska.

   b. Territoires du Nord-Ouest, Yukon : Morts-terrains, routes, résidus.

7. Il s'agit d'un panorama de la recherche en matière de reconstitution de la végétation dans diverses régions de l'Alaska. On a réussi à implanter beaucoup de graminées lors d'essais effectués dans les sites moyens ou nordiques de l'Alaska intérieur méridional ou central. Les zones sèches sont limitatrices en raison de leurs conditions d'humidité, mais moins restrictives que les zones humides ou tourbeuses. Ces dernières sont généralement acidifiantes et peu de graminées peuvent y réussir. Ce sont les zones des toundras qui, en raison de leurs saisons de croissance courtes et froides sont les plus limitatives. La toundra alpine favorise mieux la croissance que la toundra arctique. Certaines variétés de fétuques, pâturins, vulpins agrestes et fléoles ont montré une grande faculté d'adaptation en Alaska. Les sols de l'Alaska exigent des applications de N, P et K pour une implantation satisfaisante. Les rapports et les taux deviennent plus délicats sur les sols tourbeux où des problèmes de maladie se posent pour la survivance hivernale. La *Taxa* indigène offre un meilleur matériau potentiel pour la reconstitution de la végétation que la *Taxa* amenée de l'extérieur en ce qui concerne la durée d'entretien. Dès maintenant, des semences sont disponibles en quantité limitée, mais des travaux sont en cours à l'Institut Agronomique de l'Université de l'Alaska à Palmer, en vue de fournir d'autres semences largement adaptées.

1. MITCHELL, W.W.

2. 1973

3. Using native plant resources for conservation

(Utilisation de plantes locales pour le maintien de la flore).

4. Agroborealis 5 (I) : 24 - 25

5. Original

6. a. Alaska, région côtière méridionale

b. Région côtière du Yukon : routes

7. Les deux principales plantes de colonisation sur les terrains perturbés de l'île Amchitka sont la fétuque rouge (*Festuca rubra*) et la canche de Bering (*Deschampsia beringensis*). On les utilise actuellement pour reconstituer la végétation sur les entailles provoquées par les opérations de forage, l'établissement des routes et les constructions découlant du programme d'essais nucléaires qui se déroule sur cette île. Le service américain des Pêches et de la Nature hésite à autoriser l'introduction d'espèces végétales étrangères. Le Centre de Recherches de Palmer est impliqué dans le programme en raison des recherches qu'il a effectuées sur les espèces végétales régionales.

Le travail de reconstitution de la flore a commencé par une enquête sur les processus de reconstitution végétale naturelle et sur les espèces présentes dans l'île. Des essais ont été pratiqués sur diverses graminées et légumineuses en vue du repeuplement. On a constaté que les fléoles, certaines variétés de fétuques rouges, le vulpin agreste et la canche expérimentale de Bering représentent les espèces supérieures.

Les plantes natives de l'île Amchitka sont faibles productrices de graines. Heureusement, les fétuques rouges les mieux adaptées à l'île sont disponibles dans les commerce, alors que les graines de canche de Bering doivent être à rassembler quatre cent livres de semences, à raison de 1,4 million de graines par livre. La canche pousse comme une herbe grande et grossière avec une floraison diffuse. Elle a montré une adaptation particulière dans d'autres régions, à la fois comme fourrage et comme graminée de conservation de la végétation. La canche de Bering se trouve à l'état naturel dans les plaines et les prés salés des côtes sud et sud-ouest de l'Alaska.

Une recherche est actuellement en cours au Centre de Recherche de Palmer afin de trouver des espèces locales susceptibles de reconstituer la flore sur les terrains perturbés par l'exploitation pétrolière. Le climat extrême et la courte saison de croissance sur la côte arctique de l'Alaska imposent de graves limitations à toutes les espèces végétales sauf aux espèces locales.

1. MITCHELL, W.W.

2. 1974

3. Native bluejoint : a valuable forage and germplasm resource

   (le calamagristis canadensis local : un fourrage précieux et un bon plasma germinatif).

4. Agroborealis 6 (I) : 21-22

5. Original

6. a. Alaska; taïga de l'Alaska méridional, taïga de l'Alaska central

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, région du delta du Mackenzie, Yukon méridional, Yukon septentrional, côte du Yukon; Morts-terrains, routes.

7. La calamagrostide comprimée (*Calamagrostis canadensis*) se trouve dans la plupart des régions tempérées boréales et septentrionales. Elle est particulièrement luxuriante en Alaska. Cette graminée constitue une part importante des ressources végétales du centre-sud et du sud-ouest de l'Alaska qu'elle a envahies et où elle stabilise les zones perturbées. Elle est susceptible de s'élever à 5 pieds de hauteur en six semaines, à la saison où la durée quotidienne d'ensoleillement varie entre 16 et 20 heures. Elle tolère des sols fortement acides (de 3,5 à 5,5 pH) qui restent frais pendant la plus grande partie de la saison de croissance.

A l'Institut agronomique de l'Université de l'Alaska, les recherches se portent sur les processus d'exploitation et sur une meilleure connaissance des différentes formes de *Calamagrostis* pour parvenir à en sélectionner des variétés supérieures.

Des récoltes de 1,5 à 2,5 tonnes à l'acre (matière sèche) ont pu être obtenues sur des prés naturels non perturbés semés de calamagrostide. Des applications d'engrais effectuées dans la vallée de Matanuska, à raison de 400 à 700 livres/acre d'azote, potassium et phosphore ont permis des récoltes de 1 à 2 tonnes par acre et ce pendant plusieurs années consécutives. La teneur en protéines varie entre 12 et 20% pour le fourrage récolté au mois de juillet.

Dans la péninsule de Kenai, des expériences sur les engrais commencées en 1968 n'ont pas permis de découvrir quels étaient les combinaisons et les taux optimum d'engrais. Les applications annuelles d'engrais ont apparemment un effet cumulatif. Les applications de 500 livres par acre n'ont pas provoqué d'augmentation appréciable des récoltes au cours des

Mitchell, W.W., 1974

premières années, mais en 1973 l'application d'engrais au taux de 500 livres/acre a permis une récolte de 2 tonnes/acre. Sans fertilisation, les récoltes stagnaient aux alentours de 0.50 à 0.75 tonne par acre.

La population de *Calamagrostis canadensis* étant extrêmement variée en Alaska, elle constitue une ressource génétique pour la sélection de variétés supérieures. Trois lignées chromosomiques se présentent en Alaska, avec des lignées de 28, 42 et 56 chromosomes identifiés. Les différences en nombre de chromosomes engendrent des différences de traits. Les plantes à 28 chromosomes poussent principalement dans le sud-ouest de l'Alaska avec quelques plantes à 56 chromosomes aux hautes altitudes. Dans l'intérieur, des plantes à 42 chromosomes poussent en même temps que celles à 28 chromosomes.

1. MITCHELL, W.W.

2. 1975

3. Climate reversals and Alaska's grasslands

(Les changements climatiques et les prairies de l'Alaska).

4. Agroborealis 7 (I) : 12-15

5. Original

6. a. Alaska, taïga de l'Alaska méridional, taïga de l'Alaska central

b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, région du delta de Mackenzie, Yukon méridional, côte du Yukon : Morts-terrains, routes.

7. Les modifications qui peuvent intervenir dans le climat de la planète font que les prairies de l'Alaska représentent un capital précieux tant pour la production de fourrage que pour l'alimentation humaine. Les prairies naturelles de l'Alaska se présentent au-dessus et au-delà de la zone des forêts, sur les pentes des montagnes et sur la région côtière. Ces prairies ont connu des époques fortement glaciaires et certaines se sont implantées dans des zones presque préglaciaires. Elles contiennent des types de plantes adaptées aux climats froids et à de courtes saisons de croissance. D'une manière significative, ces prairies naturelles ont une productivité assez comparable à celle des prairies de hautes herbes de Midwest. On a obtenu des récoltes de 1,5 à 3 tonnes par acre sur des prairies non perturbées.

La graminée fourragère la plus commune en Alaska est la brome lisse (*Bromus inermis*). Des récoltes de 3 à 5 tonnes par acre ont été obtenues grâce à une application d'azote de moins de 200 livres par acre. La graminée arctique non sélectionée (*Arctagrostis latifolia*) produit des récoltes plus importantes ayant une teneur brute en protéines plus élevée que celles obtenues avec le brome commercial Polar et la fléole Engmo (Klebesadel 1969). La canche Bering (*Deschampsia beringensis*) a produit plus de 6 tonnes/acre de foin séché au four, à raison de deux fenaisons par an. Des variétés individualisées de ces dernières espèces ont été sélectionnées en vue de rendements élevés sous la pression de la fenaison. Le *Calamagrostis canadensis* est une graminée originaire de la région qui pousse sur des sols fortement acides et donne un rendement de 1,0 à 2,5 tonnes/acre lorsqu'il est récolté sur place, mais sous contrôle de la croissance et addition de 150 à 190 livres d'azote par acre il permet d'arriver à un rendement allant jusqu'à 4 tonnes par acre.

Mitchell, W.W., 1975

Les terres se prêtant mal à une préparation ont avantage à être laissées envahies par les graminées ou par toute autre couverture végétale que les bestiaux peuvent paître, assurant ainsi une nourriture potentielle pour les hommes. Les prairies de l'Alaska demeurent vertes tout au long de la saison de croissance et ne connaissent pas la sécheresse de la mi-été que subissent quantité d'autres prairies.

1. MITCHELL, W.W.

2. 1976

3. Native grass seed enters commercial production

   (On entreprend la production commerciale de semences de graminées indigènes).

4. Agroborealis 8 (I) : 19-21

5. Original

6. a. Alaska, taïga de l'Alaska méridional, taïga de l'Alaska central

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, région du delta du Mackenzie, Yukon méridional, Yukon septentrional, côte du Yukon : morts-terrains, routes.

7. Afin d'accélérer la reconstitution de la végétation sur l'oléoduc de l'Alaska long de 800 milles, on incluera des semences de graminées originaires de la région dans les mélanges de graines, dès que la fourniture en sera disponible. La production de ces semences constitue un long processus qui comprend : (1) récolte des plants, (2) implantation initiale et évaluation des plants dans de petites pépinières, (3) accroissement des graines de semences destinées à des champs d'essais, (4) essais et évaluation, (5) sélection des variétés désirées, (6) accroissement ultérieur de la production des semences et, (7) autorisation de commencer la production commerciale.

Les espèces indigènes qui seront utilisées par l'Alyeska Pipeline Service Company seront : (1) l'*Arctagrostis latifolia* et (2) la *Calamagrostis canadensis*, deux espèces communes qu'on trouve partout en Alaska.

On a augmenté la production des semences en cueillant à la main chaque plante à la Station de Recherche de Palmer. Les plantations plus importantes peuvent être récoltées avec de petites machines, mais, là encore, le plus gros travail doit être fait à la main. Après la récolte, il faut battre et nettoyer les graines de semences, les marquer et les entreposer dans une "banque de semences". La sélection des semences et un inventaire précis constituent des parts importantes du projet.

1. MITCHELL, W.W., J.D. McKENDRICK, F.J. WOODING et M.A. BARZEE

2. 1974

3. Agronomists on the banks of the Sagavanirktok

   (Des agronomes sur les rives du Sagavanirktok).

4. Agroborealis 6 (I) : 33-35

5. Original

6. a. Alaska, Toundra de l'Alaska

   b. Côte du Yukon, région du delta du Mackenzie : routes.

7. Pour relever le défi de reconstituer la flore dans les régions perturbées de la partie arctique de l'Alaska (au nord de Brooks Range), des agronomes de l'Institut des sciences agronomiques se consacrent à différents projets de recherches destinés à satisfaire : (1) les besoins immédiats de stabilisation des perturbations, et (2) la fourniture de solutions à long-terme c'est-à-dire d'auto-entretien de la végétation. Les variétés commerciales de plantes qui avaient bien réussi dans les régions forestières sont mortes après leur année d'ensemencement dans l'Alaska arctique. Les lignées de graminées vivaces disponibles dans le commerce ont tenu trois ans, les plus endurantes s'étant révélées celles d'origine nordique. Plusieurs espèces annuelles donnèrent de bons résultats à court-terme, mais un problème capital est le manque de sources commerciales de semences des plantes utilisées dans les essais de reconstitution de la flore.

Un second problème signalé par les chercheurs est l'attrait qu'ont présenté à la fin de l'été et au début de l'automne les parcelles consacrées à la reconstitution de la flore auprès des rennes et des oies. Cela étant attribué au fait que la végétation locale dépérit plus vite que celle des parcelles d'essais. Grâce à une étude menée pendant deux ans dans la toundra et au cours de laquelle des plants de graminées furent transplantés de différents lieux de l'Alaska et du Colorado dans les parcelles d'essais, on a pu connaître l'effet des engrais sur les réserves en hydrate de carbone et en azote des graminées locales.

1. MOFFETT, D.

2. 1977

3. Uranium waste researchers consider alternate means of tailing disposal

   (Des chercheurs s'intéressant aux déchets d'uranium envisagent des alternatives pour se débarrasser des résidus de queue).

4. Canadian Mining Journal 98 (1) : 45-50

5. Original

6. a. Ontario, District du Mackenzie, Saskatchewan : taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, Yukon méridional : résidus

7. La reconstitution de la végétation sur les zones de décharge des résidus miniers inactifs d'uranium, dont la plupart se trouvent au lac Elliot, Ontario, Beaverlodge, Saskatchewan, et Port Radium, Territoires du Nord-Ouest, s'opère selon un processus en trois étapes donnant finalement naissance à une couverture de graminées s'auto-entretenant.

La première étape consiste à retirer de la surface l'eau et les débris, afin de permettre l'emploi de matériel agricole sur des décharges nette. La seconde étape consiste à appliquer en quantités adéquates du calcaire et des engrais, ensuite de quoi on peut procéder à l'ensemencement. Normalement, le traitement consiste en application de 10 à 30 tonnes de calcaire broyé par acre et de 200 livres d'engrais superphosphate par acre. La troisième étape consiste à entretenir l'herbage pendant les cinq années suivantes notamment au moyen d'application régulières d'engrais.

Des méthodes alternatives pour le captage des détritus de surface consistent en écoulement hydraulique et en immersion au fond de lacs profonds, c'est ce que l'on envisage notamment à Elliot Lake. On déclare en outre que les efforts en vue de reconstituer la végétation sur les décharges inactives seront accrus dans l'avenir.

1. MOSCHOPEDIS, S.E.

2. 1974

3. Sulfomethylated humic acids as fertilizers and soil conditioners for restoration of sandy soils

   (De l'emploi d'acides humiques sulfométhylés en tant qu'engrais et conditionneurs pour la restauration des sols sablonneux).

4. In : D. Hocking et W.R. MacDonald, Editeurs : proceedings of a Workshop on Reclamation of Disturbed lands in Alberta, Centre de Recherches forestières du Nord, Rapport d'information NOR-X-116, p. 38-54

5. Original

6. a. Alberta : prairies

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional : morts-terrains, décharges de résidus.

7. Des expériences ont été faites avec des humines ammoniaqués et sulfométhylés dérivés du charbon afin de déterminer leur action en tant qu'engrais et conditionneurs sur les sols sablonneux de la région de Youngstown, dans l'Alberta. L'humus forme une part essentielle des sols fertiles en tant qu'enmagasineur d'éléments nutritifs pour les végétaux et comme agent liant. Les acides humiques dérivés du charbon ressemblent à ceux qui sont présents dans les sols et c'est pour cette raison que des essais ont été tentés avec de l'humus houiller pour tenter d'augmenter la quantité de matières organiques et la fertilité des sols. A titre de comparaison, du nitrate d'ammonium et du sulfate d'ammonium ont été appliqués en tant qu'engrais azotés.

Les acides humiques sulfométhylés ont permis des rendements comparables à ceux obtenus avec le sulfate d'ammonium, aux mêmes taux d'application d'azote par hectare. Les rendements des parcelles fertilisées avec le nitrate d'ammonium étaient inférieurs à ceux obtenus avec les autres traitements au même taux d'azote/hectare. Ce fait a été attribué à l'élément nutritif supplémentaire (soufre) fourni par les autres traitements.

Les rendements obtenus sur des sols sablonneux ont été faibles en comparaison de ceux obtenus avec les mêmes engrais (ou d'autres) sur d'autres sols. Dans tous les cas la récupération d'azote a été faible. Au même taux d'azote, les humus sulfométhylés ont eu sur la croissance des plantes une influence comparable à celle des autres engrais azotés. Toutefois, les acides humiques sulfométhylés ont augmenté de façon sensible l'agrégation du sol et sa capacité de rétention d'humidité.

Moschopedis, S.E., 1974

Des humus sulfométhylés à raison de 0,54% et de 2,70% de leur poids ont amélioré la structure du sol en augmentant le diamètre des agrégats. Ceux-ci sont passés de 0,21mm dans le contrôle à 0,57 mm et 1,56 mm dans les parcelles d'essai. De plus l'application de cet humus a permis de diminuer la conductibilité hydraulique ce qui a eu pour effet de ralentir l'infiltration de l'eau. Les taux de filtration ont également été réduits à travers ce que l'on croit être une concentration d'hydrogène.

1. MOSKALENKO, N.G.

2. 1976

3. Specific features in plant cover recovery along the routes of linear structures in northwestern Siberia

   (Particularités spécifiques dans la reconstitution d'une couverture végétale le long des routes de structure rectiligne dans le nord-ouest de la Sibérie).

4. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire. Ébauche de rapport 519. 7 p.

5. Original

6. a. U.R.S.S., taïga de l'Est de la Sibérie

   b. Yukon septentrional, côte de l'Yukon, Mackenzie central, région du delta du Mackenzie : routes.

7. Des observations sur la reconstitution de la végétation le long de routes de structures linéaires non spécifiées ont été faites en 1972/1973 dans la plaine d'alluvions lacustres située dans la région interfluciale de Nadym-Kazimskiv de la sous-zone de la taïga sibérienne. Au début de 1971 la couverture végétale et l'horizon tourbeux de certains endroits avaient été détruits. Cette destruction de la couverture végétale avait provoqué des modifications dans les conditions de températures du sol, l'intensification ou l'affaiblissement des processus de gel et de dégel et le développement de processus cryogénique.

La reconstitution de la flore a varié selon les différentes conditions des terrains, les lithologies de l'humidité et du pergélisol (tourbe, sable ou sable tourbeux). Le rétablissement de la flore a été observé sur onze zones d'études permanentes mises en comparaison avec les conditions naturelles permanentes de zone non perturbées.

Les zones qui mirent le plus de temps à recouvrer une végétation furent les crêtes et le haut des pentes des petites collines. Celles-ci constituent en effet des zones très sèches soumises à l'érosion des vents et aux tempêtes de neige. Dans ces endroits, des *carex globularis* isolés et occasionnellement des airelles rouges avec de petites plaques de *polytrichum* apparurent dans les sables, là où autrefois existaient des bosquets de génévriers - romain des marais - de l'espèce *Cladonia*. Dans ces endroits, là où un peu de tourbe recouvre le sable, le romarin des marais et la ronce faux-murier ont repoussé et, avec le *Carex* et l'airelle, formé une couverture végétale ne recouvrant au total que 10 à 15% du sol.

Moskalenko, N.G., 1976

De meilleures conditions pour la reprise de la végétation ont prévalu au centre des pentes humides où des plantes soit isolément, soit en groupes, ont réussi à pousser, formant une couverture végétale atteignant 25% de la surface du sol.

De petites dépressions dans les sables ont eu une couverture végétale de 30 à 40% mais seulement dans les zones où l'on a trouvé des pousses de bouleaux-nains. La meilleure reprise de végétation s'est effectuée dans les dépressions très humides entre les monticules. Il s'agissait de petits roseaux - roseaux *Polytichum*, de ronces faux-muriers *Polytrichum*, de lin des marais - *Polytichum* et de joncs-carex, qui remplaçaient les anciennes communautés de lins des marais - roseaux - de la famille des *Sphagnum*.

De petits monticules émergeant de marécages tourbeux étaient recouverts de ronces isolées et de pousses de romarin simple qui survivaient de bourgeons dormants à la base de tiges coupées.

On a conclu que la reprise naturelle de la végétation n'était pas satisfaisante et qu'il convenait de procéder à des plantations artificielles. On a suggéré de semer des mélanges de graminées telles que la fétuque ovine, la fétuque rouge et le pâturin des prés (herbe bleue), espèces qui ont été conseillées par Filippova pour la reconstitution de la végétation sur les sols légers de la région de la toundra forestière de la Sibérie occidentale.

Des plantations d'élyme des sables sibériens ont débuté en 1973 et cette expérience va se poursuivre au cours des prochaines années.

1. MURRAY, D.R.

2. 1971

3. Factors affecting revegetation on uranium mine tailings in the Elliot Lake area. Part 1. Physical conditions

   (Facteurs influençant la reconstitution de la végétation sur les résidus de mines d'uranium dans la région du lac Elliot. Première partie : les conditions physiques).

4. Ministère canadien de l'Énergie, des Mines et des Ressources naturelles, division des mines, Ottawa. Centre de recherche minière, rapport interne MR 71/104-ID. 12 p.

5. Original

6. a. Ontario, taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional : décharge de résidus.

7. Les conditions physiques ayant une influence sur la reconstitution de la végétation sur les haldes de déchets d'uranium dans la région du lac Elliot dans l'Ontario (64,00 N. - 83,05 Ouest) sont les suivantes : (1) climat - (2) topographie et inclinaison des pentes des haldes - (3) conditions des pierres brutes et des déchets bruts mélangés à des souches d'arbres morts partiellement enterrées - (4) zones d'étangs superficiels avec sables mouvants, là où l'érosion par l'eau et par le vent posent des problèmes - (5) ségrégation structurelle des résidus, le matériau brut se trouvant près de la tour de décantation ou près de la surface, tandis que les matériaux plus fins sont éloignés de la zone de décantation et ont filtré vers le fond, s'éloignant ainsi de la surface.

En conséquence les facteurs de limitation sont les suivants : niveau hydrostatique excessivement élevé; manque de structure du sol et de cohésion entre particules; incapacité des décharges de résidus de supporter des machines agricoles; érosion par l'eau et par le vent; détritus autour des haldes; faible perméabilité et lente infiltration des haldes.

Pour résoudre ces problèmes les mesures suivantes sont recommandées : (1) abaisser le niveau hydrostatique et améliorer le drainage de la nappe d'eau; (2) incorporer de fortes quantités de matières organiques aux haldes, sous quelque forme que ce soit à raison de 20 à 30 tonnes par acre; (3) semer des graines d'espèces sélectionnées dès le printemps sur le pourtour des haldes; enfin (4) ne semer que deux ou trois espèces de graminées. Les légumineuses étant plus difficiles à implanter en premier leur utilisation sera meilleure lorsqu'une première couverture sera bien établie.

Murray, D.R., 1971

Les espèces de graminées qu'on a inventoriées comme propres à assurer uen reconstitution de la flore sur les haldes de la région du Lac Elliot sont les suivantes :

NOMS LATINS	NOMS VULGAIRES
Phalaris arundinacea	Millet long-faux roseau
Bromus inermis	Brome des prés
Phleum pratense	Phléole (fléole) des prés
Poa compressa	Pâturin du Canada
Poa pretensis	Pâturin des prés
Festuca arundinacea	Grande fétuque
Festuca rubra	Fétuque rouge
Agrostis alba	Agrostis blanche (traînasse)
Lolium perenne	Ivraie vivace
Agropyron Spp.	Chiendent
Agrostis tenuis	Jonc tenu
Festucia elatior	Fétuque des prés
Dactylis glomerata	Dactyle pelotonné

Certaines espèces ont naturellement poussé sur les haldes, la plupart là où des matières organiques avaient été déposées. Parmi elles : *Equisetum arvense, Amelancier* sp., *Salix* sp. *Betula* sp., *Polygonum aviculare, Agropyron repens, Agrostis stolonifera, Poa compressa, Poa palustris, Poa pretensis, Carex cechalanta, Glyceria canadensis, Juncus effusus, Typha,* esp. et mousse, *Funaria hygrometrica.*

1. MURRAY, D.R.

2. 1973

3. Vegetation of mine waste embankments in Canada

   (Végétation sur des remblais de résidus miniers au Canada).

4. Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources naturelles, service des mines, Ottawa. Circulaire d'information IC 301 54 p.

5. Original

6. a. Canada

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional : morts-terrains, résidus miniers.

7. Dans cette revue détaillée, pour la plupart basée sur des références provenant des États-Unis, un certain nombre de comparaisons sont faites avec les régions canadiennes de morts-terrains et de décharges de résidus miniers, en fonction des propriétés physiques et chimiques, du climat et de la végétation.

L'examen par l'auteur des tentatives de reconstitution de la végétation faites au Canada indique que les graminées, légumineuses et arbres dont voici la liste ont été essayés :

GRAMINÉES	LÉGUMINEUSES	ARBRES
Brome	Luzerne	Peuplier de Caroline
Pâturin du Canada	Mélinot	Baume de la Mecque
Fléole	Trèfle rouge	Saule
Agrostis rose	Trèfle hybride	Bourdaine (aulne)
Pâturin des prés	Lotier pied-d'oiseau	Bouleau à papier
Chiendent huppé	Vesce couronnée	Frêne
Fétuque rouge rampante		Acacia
Fétuque des prés		Sapin bleu Colorado
Jonc des Highlands		Pin rouge
Kentucky 31 (fétuque de Nouvelle Zélande)		Pin sylvestre
Seigle d'hiver		Sapin de Douglas
Avoine		Pin Jack

Voici quelques exemples de mélanges de graines de semences utilisées pour la reconstitution de la végétation de décombres, au Canada :

Murray, D.R., 1973

Mélanges utilisés par 1'INCO

1. 12-½ livres semences de graminées mélangées*
   12-½ livres, pâturin du Canada
   10 livres de luzerne ou de mélilot
   1-½ avoines
   8 livres brome

*graminées mélangées
1 partie fléole
2 parties Agrostis rose
1 partie pâturin des prés
1 partie chiendent huppé
1 partie fétuque rouge rampante

2. 12-½ livres de semences de graminées mélangées*
   12-½ livres de pâturin du Canada
   10 livres de brome
   1-½ de seigle d'hiver

Mélanges utilisés par Hollinger :

1. 30 livres de fléole
   20 livres de lotier pied-d'oiseau
   1 livre de vesce couronnée

2. 20 livres de fléole
   20 livres de lotier pied-d'oiseau
   20 livres de pâturin n° 31
   1 livre de vesce couronnée

Mélanges divers

1. 20% Fétuque des prés
   15% Lotier pied-d'oiseau
   25% fléole
   10% Trèfle hybride
   5% Jonc des Highlands
   5% Agrostis rose
   20% Trèfle rouge Doland

2. Fétuque rouge rampante
   Pâturin des prés
   Agrostis rose
   Fétuque des prés
   Lotier pied-d'oiseau
   Fléole
   Trèfle hybride
   Jonc des Highlands
   Trèfle rouge ... à raison de 50 livres/acre

3. Kentucky n° 31
   Pâturin du Canada
   Vesce couronnée
   Lotier pied-d'oiseau
   Fléole

Murray, D.R., 1973

L'auteur déconseille l'emploi de stabilisateurs provisoires non végétaux, car dans la plupart des cas on demande une couverture végétale sur les zones instables. Seules les émulsions sont acceptables à condition qu'elles se désintègrent et ne gênent pas la croissance des plantes. Elles sont en cours d'essais au Canada et doivent être encouragées car elles seront nécessaires dans les régions les plus difficiles, là où les plantes sauvages à croissance lente représentent la seule végétation possible.

Bien que les engrais à toutes fins donnent de bons résultats de démarrages, leur emploi doit être étudié de très près. L'azote, par exemple, retarde le développement normal d'une légumineuse tandis qu'une quantité réduite d'azote dans l'engrais devient bénéfique à la fois aux graminées et aux légumineuses. Sur les détritus, autres que ceux employés en agriculture, l'application annuelle d'engrais empêche l'implantation d'une végétation naturelle s'entretenant elle-même.

En résumé, l'auteur conclut que sur la plupart des décharges de résidus au Canada l'addition de calcaire et une sélection soigneuse des plantes à semer se soldera par une végétation satisfaisante. Les sortes de décharges qui présentent des problèmes technologiques pour une reconstitution de la végétation sont les crassiers à forte teneur sulfurée, les remblais de déchets situés à haute altitude et ceux qui se trouvent dans les régions de pergélisol.

1. MURRAY, D.R.

2. 1977

3. Reclamation by vegetation

(Régénération des sols par reconstitution de la flore).

4. Document présenté au symposium de la régénération des sols de l'Industrie charbonnière, Hotel Banff Springs, 13-17 février 1977, sous le patronage de l'Association charbonnière du Canada. 3 p.

5. Original

6. a. Canada

b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional : morts-terrains, terrils

7. En 1974, CANMET, Ministère de l'Énergie, des Mines et Ressources naturelles, a ouvert une enquête de trois ans sur les possibilités de reconstitution de la végétation sur les terrains de déchets miniers du Canada. Sept cent sites miniers canadiens ont été évalués en fonction des genres de résidus et de l'étendue de la couverture végétale nécessaire, en utilisant des photographies prises par satellites. Les résultats ont été indiqués sur des cartes à l'échelle de 1:50,000, pour toutes les zones de déchets supérieures à 10 hectares (24,7 acres).

Cinquante sites miniers ont été choisis comme représentatifs des décharges minières canadiennes et ont été caractérisés par quinze propriétés chimiques et biologiques censées avoir de l'influence sur l'implantation d'une végétation.

Dans cette analyse on a identifié trois types distincts de terres incultes : les morts-terrains, les déblais rocheux et les résidus de queue. Les caractéristiques de chacun sont décrites dans le supplément 10-1 du CANMET Pit Slope Manual, qu'on peut obtenir auprès du Pit Slope Group, chambre 235, 555 rue Booth, Ottawa, K1A 0G1.

En plus de cette identification des types de terres incultes, le supplément 10-1 précise quatre éléments majeurs ayant une influence sur l'implantation d'une végétation : le climat, la répartition des particules selon leur taille, le maintien de l'humidité et la minéralogie. Si un problème existe, il sera associé à l'un de ces paramètres.

Un diagramme illustre les mesures permettant de décider si la reconstitution d'une végétation constitue une alternative pratique pour la mise en valeur des terrains en cause. Quatre phases sont prévues :

Murray, D.R., 1977

1° phase : Estimation préliminaire - rassemblement des renseignements en trois parties : A/ Obtention d'une description des opérations minières : B/ Détermination des caractéristiques régionales du climat et de la végétation; C/ Détermination des caractéristiques physiques et chimiques des résidus.

2° phase : Évaluation technique des procédés et des alternatives, consistant en quatre opérations : D/ Identification des facteurs limitatifs de croissance; E/ Modifications des processus, changements des techniques de dépôt des résidus (indispensable dans les cas d'exploitation nouvelle là où les dépôts de résidus peuvent être transformés sans être à nouveau manipulés); F/ Correction des facteurs limitatifs de croissance; G/ Essais de culture (aucune proposition ne doit être jugée acceptable si la croissance des plantes n'a pas été essayée sur place).

3° phase : Analyse économique : H/ - Evaluation du coût de la reconstitution de la végétation et du rapport coût/bénéfice.

4° phase : Programme détaillé : I/ - Reconstitution à grande échelle de la végétation.

L'auteur fait remarquer que les phases 1 et 3 peuvent être dirigées par les ingénieurs des mines tandis que les phases 2 et 4 exigent des spécialistes en agronomie ou en récupération des terres.

L'évaluation de la nécessité d'une solution alternative pour la reconstitution d'une végétation sur les terres à récupérer constitue la mesure J. Elle peut intervenir si les problèmes posés par la correction des facteurs limitatifs de croissance s'avèrent insurmontables ou bien si le prix d'une reconstitution de la végétation ou l'étude du rapport coût/bénéfice donnent des résultats chiffrés défavorables, ou enfin si les essais d'implantation végétale se soldent par des échecs.

Le fascicule du Pit Slope Manual qui sera publié à l'issue de l'étude du CANMET est conçu pour donner aux ingénieurs des renseignements adéquats leur permettant d'estimer les possibilités et les limites d'une reconstitution de la flore en tant que procédé de mise en valeur des terrains. Il ne constitue en rien un livre de recettes sur les méthodes de reconstitution d'une végétation.

1. O'TOOLE, K.

2. 1974

3. Nuera - reclamation to preserve Alaska

("Nuera Reclamation" pour préserver l'Alaska).

4. Alaska Construction & Oil 15 (6) - 32, 34

5. Original

6. a. Alaska : taïga de l'Alaska central

b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional : mort-terrains

7. La société Nuera Reclamation Inc., filiale de l'Usibelli Corporation, s'est occupée au cours des dernières années de projets de réensemencement et de remise en valeur de terres en Alaska, et en particulier de la régénération de la mine de charbon de l'Usibelli à Healy. Le président de la "Nuera", D. Moncrieff, a signalé que le contrôle de l'érosion était sa préoccupation majeure, tandis que les questions esthétiques n'avaient pour lui qu'une importance secondaire.

La Nuera utilise un avion Cessna Agwagon pour effectuer les ensemencements et l'épandage des engrais. La compagnie estime préférable d'employer des avions plutôt que des hélicoptères, estimant que l'avion permet une distribution plus régulière des semences. Des semeurs manuels sont employés pour de petites zones et dans certains cas des hydro-semeurs lorsque nécessaires. Avec l'avion, le temps de l'ensemencement peut être plus précis et ce dernier est réalisé plus rapidement, c'est-à-dire coïncidant avec l'époque optimale des semailles.

Au cours des trois dernières années, la Nuera a participé à la mise en valeur de la mine de charbon d'Usibelli, qui incluait la reconstitution de la végétation sur une superficie d'environ 17 000 acres. En cet endroit le sol glacé perpétuel avait été déplacé lors du travail préliminaire précédant l'exploitation proprement dite du charbon. Après creusement des galeries, la Nuera a réussi à ensemencer et à fertiliser toute la zone. La jeune végétation luxuriante a attiré les moutons qui erraient dans la région et des agneaux sont même nés près des lieux où s'effectuait l'exploitation minière, le bruit de celle-ci ayant éloigné les prédateurs, tels les loups.

Ce projet a été le plus important de régénération des terres entrepris dans les latitudes septentrionales et a nécessité l'emploi de 400 tonnes d'engrais à forte concentration ainsi que 60 livres de mélange spécial de semences. Mais de plus en plus les problèmes d'approvisionnement et la hausse du prix des engrais et des semences font de telles opérations un véritable défi.

1. PACKER, P.E.

2. 1974

3. Rehabilitation potentials and limitations of surface-mined land in the northern Great Plains

   (Potentialités de régénération et limitations de terrains de mines à ciel-ouvert dans les Grandes Plaines septentrionales).

4. Ministère de l'Agriculture des États-Unis. Service des forêts. Station expérimentale forestière inter-montagnes, Ogde, Utah. Rapport technique général INT-14. 44 p.

5. Original

6. a. États-Unis : prairies

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest : morts-terrains, résidus miniers.

7. Ce rapport sur les potentialités de régénération des terrains de mines à ciel-ouvert dans les Grandes Plaines du nord des États-Unis, renferme une liste des besoins en recherches et renseignements. La plupart des activités minières de surface en cette zone tempérée d'une région houillière se sont effectuées au cours des sept ou huit dernières années et tous les efforts de régénération des sols ont eu lieu pendant les cinq dernières années.

La liste des besoins en recherches et renseignements, telle que nous la reproduisons ci-après, contient des principes généraux qui seraient applicables aux recherches concernant la régénération dans d'autres régions :

1. Analyser et évaluer les caractéristiques chimiques et physiques des terrains de recouvrement avant l'exploitation minière, en fonction de leur adaptation aux objectifs de reconstition de la végétation.

2. Tester et évaluer les différentes ségrégations et configurations des déblais afin d'accroître les chances de succès d'une régénération.

3. Mettre au point des méthodes et des techniques destinées à créer une activité microbiologique favorable sur les déblais miniers précédemment stériles.

4. Tester et évaluer les effets comparatifs de différents amendements du sol dans la reconstitution d'une végétation sur les déblais miniers.

Packer, P.E., 1974

5. Tester et évaluer les effets comparatifs d'engrais inorganiques sélectionés dans la reconstitution d'une végétation sur les déblais miniers.

6. Évaluer la qualité chimique et physique de l'eau d'écoulement de surface ou souterraine provenant des déblais miniers, en pratiquant différents traitements de régénération.

7. Mettre au point les techniques mécaniques, chimiques ou végétatives pour assurer la régénération des crassiers abandonnés.

8. Évaluer l'efficacité des techniques agronomiques employées dans des régions semi-arides et déjà connues pour leur efficacité sur différentes sortes de déblais miniers.

9. Déterminer les limites de la mi
tifiées en 8 (voir ci-dessus).

10. Mettre au point les critères mécaniques destinés à la création de terrils ou de crassiers, afin d'empêcher les effondrements de masses et réduire l'érosion de la surface.

11. Déterminer les tolérances physiologiques des écotypes des végétaux sélectionnés, en fonction des contraintes potentielles diverses provenant des eaux et de l'évaporation dans l'atmosphère sur l'emplacement des résidus miniers.

12. Déterminer les tolérances physiologiques des écotypes des végétaux sélectionnés en fonction des contraintes salines et alcalines provenant des différentes sortes de résidus miniers.

13. Tester et évaluer les caractéristiques d'enracinement stimulé par les hormones de souches locales ou abandonnées au-delà des décharges de résidus miniers.

14. Appliquer les techniques de culture des tissus pour développer des degrés accrus de tolérance chez les écotypes des espèces végétales choisies, en fonction des contraintes salines et alcalines des résidus miniers.

15. Déterminer les pratiques de gestion des traitements à posteriori requis pour assurer la réussite d'une reconstitution permanente de la végétation.

1. PETERS, T.H.

2. 1970

3. Using vegetation to stabilize mine tailings

   (De l'usage de la végétation pour stabiliser les crassiers).

4. Journal de la conservation des eaux et des sols 25 : 65-66

5. Original

6. a. Ontario : taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional : crassiers

7. Les expériences effectuées par International-Nickel dans le sud de l'Ontario aux fins de stabiliser les résidus issus de concentrateurs sont ici décrites. Le programme de reconstitution de la flore, basé sur une recherche préalable a été effectués aussi près que possible de l'extrémité des crassiers située au vent. (2) une culture d'accompagnement ou la plantation d'arbres-abri doit être prévue pour fournir ombre et protection. (3) des éléments nutritifs destinés aux plantes doivent être ajoutés au sol, avec addition de calcaires permettant au pH des crassiers d'avoisiner le neutre.

Les ensemencements effectués au mois d'août ont généralement été les mieux réussis lorsque les températures étaient fraiches et l'humidité encore disponible. Le calcaire "feed-grade", est préférable au calcaire agricole; étant plus grossier il se décompose plus lentement et son action de tampon est plus longue. Il a été appliqué au taux de 3 tonnes/acre et enfoui dans le sol. Une seconde application de calcaire a été effectuée à la mi-juillet. L'engrais 5-20-20 a été répandu à raison de 400 livres/acre, avec épandages annuels d'entretien. Un mélange de graines de semences constitué en parties égales de pâturin du Canada et d'un mélange de fléole, agrostis rose, pâturin des prés, chiendent huppé, fétuque rouge rampante a été semé, en même temps que du seigle d'automne au titre de culture d'accompagnement. Le brome a été semé après l'ensemencement initial, et la couche de semis tassée au moyen d'un engin de culture.

Plus de 600 acres ont été plantés de graminées, dont une partie a été récoltée pour donner du fourrage. Des arbres, principalement des bouleaux, ont poussé spontanément sur toute la zone.

1. PETERSON, E.B. et H.M. HETTER

2. 1970

3. A background for disturbed land reclamation and research in the Rocky Mountain region of Alberta

   (Pour servir de fond à la recherche et à la régénération de terres perturbées dans la région des montagnes rocheuses de l'Alberta).

4. Service canadien des forêts, laboratoires de recherches forestières, Edmonton Alberta. Rapport d'information A-X-34, 45 p.

5. Original

6. a. Alberta, montagnes rocheuses

   b. Région alpine, sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains

7. Au cours de cet article, le terme "régénération" a été employé dans son sens le plus large afin d'y inclure tout processus visant à la conservation et à la transformation des terres perturbées en terrains productifs. La régénération comprend trois phases distinctives : (i) planification préalable de l'emploi qu'on fera de la terre. (ii) opérations physiques destinées à obtenir une topographie convenable, (iii) reconstitution assistée ou naturelle de la végétation, gestion subséquente de la terre récupérée.

Les auteurs font valoir qu'une régénération effectuée en conformité d'un plan préalable de l'emploi de cette terre fournit une base qui permet d'évaluer la plupart des mesures individuelles qui seront prises au cours de l'opération. Cette façon de faire élimine l'implantation rapide d'une couverture végétale comme objectif unique. Au contraire, les implantations initiales ne sont considérées que comme une première étape dans la conservation du sol. Une gestion subséquente de la végétation est donc indispensable pour assurer la réussite du projet d'utilisation.

En matière de régénération, les principales mesures physiques consistent à entasser les déblais selon les degrés de pente souhaités, à remblayer le soubassement, à profiler ou terrasser et à mettre en place les réseaux de drainage. Là où une reconstitution assistée de la végétation devra suivre, il peut également être nécessaire de défoncer les surfaces compactes, de régler la micro-topographie, ou de procéder à une couverture au moyen de couches appropriées de façon à assurer la croissance des espèces végétales désirées.

Peterson, E.B. et H.B. Hetter, 1970

Les auteurs indiquent qu'il est difficile de justifier un retard quelconque dans la reconstitution de la flore dans la région des Montagnes Rocheuses, puisqu'il paraît bien qu'il n'y existe aucunes conditions importantes d'acidité ou de toxicité qui puissent être modérées par les intempéries. Il s'ensuit que la reconstitution de la végétation dans les régions montagneuses doit être entreprise aussi tôt que possible après la perturbation du sol et en tous cas avant que les plus fines particules de terre aient été entraînées par les eaux en bas des pentes ou dans les profondeurs.

Les écotypes qui ne sont développés sur les terres perturbées possèdent fréquemment un haut degré de tolérance aux conditions prévalant dans ces sites particuliers. En terrain montagneux il est souvent plus économique d'utiliser ces variétés tolérantes que d'appliquer des traitements correctifs des surfaces. Il en ressort que toute sélection des espèces doit commencer par la collecte des éléments reproductifs d'écotypes ou de surgeons implantés sur d'anciens sites perturbés, dans une zone ayant de semblables particularités écologiques ou d'altitude. En Grande-Bretagne, ce concept a conduit à la conclusion que la sélection d'écotypes et la production de semences sur les lieux à régénérer sont au moins aussi importants que le traitement de la surface des sols.

Il est extrêmement important d'effectuer un minutieux passage au crible avant qu'une espèce soit utilisée sur une grande échelle pour un programme de reconstitution de la flore. Lorsqu'on emploie une méthode d'évaluation rigoureuse, peu d'espèces réussissent l'épreuve. Par exemple, au cours des dix années précédant 1970 quinze espèces et variétés seulement ont été admises par le Service de la Conservation des sols comme susceptibles d'être utilisées pour la reconstitution de la flore sur des sites définis du Nord-Est des États-Unis. Jusqu'à ce que les résultats des essais soient disponibles pour toute région donnée dans laquelle va se tenter une reconstitution de la végétation, la meilleure approche consiste à se servir d'espèces répondant autant que possible aux caractéristiques suivantes :

(i) espèces originaires de la région ou qui s'y sont acclimatées.

(ii) capacité à régénérer une terre qui a été perturbée naturellement ou industriellement, ou à effectuer cette régénération dans des aires d'habitation naturelles hostiles telles que pentes à avalanches, berges de rivières érosives, moraines récentes ou crêtes soumises aux rafales de vent.

(iii) efficacité déjà prouvée ailleurs dans d'autres travaux de régénération.

(iv) grande valeur pour les objectifs que l'on veut atteindre pour l'emploi du terrain.

Peterson, E.B. et H.M. Hetter, 1970

(v) reproduction facile en grande quantité par des moyens naturels ou artificiels.

(vi) exigences modérées en eau et éléments nutritifs.

(vii) taux élevé de production de matière sèche enracinée.

(viii) capacité de fixation de l'azote.

1. GROUPE D'ESTIMATION DES CANDIDATURES POUR LES OLÉODUCS

2. 1974

3. Revegetation

(Reconstitution de la végétation).

4. In : Estimation de l'oléoduc de la vallée du Mackenzie, effets sur l'environnement et effets socio-économiques de l'oléoduc projeté pour la région arctique canadienne dans les territoires du Nord-Ouest et le Yukon. Ministère des Affaires indiennes et du Nord, Ottawa. Chapitre 8, section 8.14, p. 256-268.

5. Original

6. a. District du Mackenzie, Yukon; taïga canadienne, toundra canadienne

b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, région du delta du Mackenzie, Yukon septentrional, côte du Yukon; routes.

7. La conclusion générale émise pour le Groupe d'Estimation des candidatures pour les oléoducs a été que la proposition faite par la Canadian Arctic Gas Pipeline Ltd. comptait beaucoup trop sur des ensemencements de graminées pour rétablir une couverture végétale suffisamment protectrice et isolante. Le Groupe d'Estimation a considéré qu'il était nécessaire de prévoir des mesures plus variées et plus élaborées pour assurer une reconstitution de la végétation.

Les objectifs définis du programme de reconstitution de la flore étaient de rendre au sol un équilibre calorifique favorable en fournissant une couverture isolante susceptible d'assurer - parallèlement à des moyens mécaniques - un contrôle de l'écoulement des eaux et de l'érosion, de provoquer la stabilité des pentes, de restaurer l'habitat végétal disparu et enfin d'améliorer l'esthétique des installations. La plupart des soucis exprimés dans ce rapport se concentrent sur la question de savoir si la reconstitution de la végétation peut ou ne peut pas permettre d'atteindre de tels objectifs.

On manque beaucoup d'informations sur le taux d'accumulation de matières organiques sous la végétation reconstituée avec ou sans assistance dans les zones perturbées. Le Groupe d'Estimation a suggéré que toutes conclusions quant à l'accumulation de déchets sous les graminées agronomiques semées et à son effet sur le pergélisol seraient pour l'heure prématurées. Il a pensé également qu'il demeurait extrêmement douteux que les graminées semées puissent ramener les niveaux du pergélisol à ce qu'ils étaient à l'époque précédant la perturbation. D'autres chercheurs

ont trouvé qu'après un incendie, le plateau de pergélisol en terrain valonné commence à s'élever 60 à 80 ans après l'implantation d'arbres, atteignant au bout de 100 ans son niveau d'avant la perturbation, mais que la couche de matières organiques ne retrouve son épaisseur d'avant la perturbation qu'au minimum après 150 ans.

Le Groupe a exprimé qu'à son avis, on n'avait pas suffisamment apporté d'attention aux caractéristiques d'enracinement, notamment en fonction du contrôle de l'érosion, lorsqu'on a procédé à la sélection des espèces de graminées destinées à la reconstitution de la végétation dans la vallée du Mackenzie. La sélection des espèces et le choix des processus se sont concentrés sur les espèces végétales qui fourniraient un bon isolement et provoqueraient un retour rapide aux conditions thermiques du sol existant avant les perturbations. Les caractéristiques qui sont importantes pour le contrôle de l'érosion, en dehors des questions de survivance bien entendu - telles que les caractéristiques d'enracinement et le mode de croissance n'ont pas reçu une attention suffisante. Bien que les espèces choisies puissent peut-être se révéler les meilleures pour enrayer l'érosion, ce fait ne découle pas avec certitude de la documentation soumise en même temps que la candidature.

L'emploi d'avions et d'hélicoptères pour l'ensemencement et l'épandage des engrais pose également des problèmes. Les différences de taille et de poids entre les graines de semences, de même que la direction et la force du vent et l'altitude à laquelle évolueront les avions peuvent provoquer de fortes variations dans la répartition des semences tout au long de la route exacte. Alors que ces variations peuvent ne pas revêtir d'importance sur les sections d'oléoduc où les effets de la reconstitution de la flore sont plutôt d'ordre esthétique, il n'en est pas de même là où le problème de l'érosion est en cause et où l'implantation d'un tapis végétal solide représente une exigence absolue. C'est pourquoi dans ce dernier cas l'ensemencement effectué par des équipes au sol doit être considéré comme une alternative préférable.

Le Groupe a souligné que lors de la sélection des espèces de graminées il sera important de tester les mélanges de semences plutôt que les espèces isolées, de mesurer la capacité de fixation du sol plutôt que la hauteur de croissance et d'évaluer l'action en fonction des catégories de sols et de climats auxquels on sera confronté.

1. PLASS, W.P.

2. 1975

3. Reclamation of surface-mined land

(Régénération de terres de mines à ciel-ouvert).

4. The Ohio Journal of Science 75 : 298-304

5. Original, avec tableau par l'auteur

6. a. États-Unis; forêts de l'Est

b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; morts-terrains, terrils

7. La technologie de la reconstitution de la végétation sur les terrains perturbés par l'exploitation de mines à ciel-ouvert sur les filons houillers du Middlewest et des Appalaches, aux États-Unis, est aujourd'hui bien avancée. Elément fondamental pour la future réussite de la productivité des terrains exploités; il existe à présent un schéma pour l'évaluation précise de la phase de pré-exploitation ainsi que de la phase post-exploitation minière. Les composants d'un programme coordonné d'exploitation minière et de régénération des sols, tels qu'énumérés dans cet article, sont les suivants :

I ÉVALUATION AVANT L'EXPLOITATION MINIÈRE AUX FINS DE DÉFINIR LES OPTIONS POUR L'UTILISATION DES TERRAINS

Exploitation minière

Qualité du charbon
Quantité du charbon
Caractéristique des terrains de recouvrement

Régénération

Caractéristiques des terrains de recouvrement
Emplacement géographique
Caractères topographiques
Modèles locaux d'utilisation des terres
Limitations légales
Facteurs politiques
Facteurs sociaux

II ÉVALUATION APRÈS L'EXPLOITATION MINIÈRE AUX FINS DE CHOISIR L'UTILISATION LA PLUS ATTRAYANTE DES TERRAINS

Caractéristiques chimiques des déblais
Caractéristiques physiques des déblais

Plass, W.P., 1975

Variables climatiques
Variables topographiques
Variables économiques

III TRAITEMENTS DE RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION AUX FINS D'ATTEINDRE LES OBJECTIFS D'UTILISATION DES TERRAINS

Préparation du site

Amendements:
Engrais (adjonction d'éléments nutritifs)
Matériaux de neutralisation (modifications physiques et chimiques du sol)
Couche de terre superficielle
Modification de la surface:
Préparation de la couche de semis
Rétention de l'humidité
Modification des températures de surface
Réduction de la vitesse du vent
Sélection des espèces:
Compatibilité avec les caractéristiques des déblais
Saison d'ensemencement
Compatibilité des espèces
Facteurs climatiques et topographiques
Objectif d'emploi du terrain
Procédés d'ensemencement et de plantation:
Surface devant être traitée
Caractéristiques physiques des déblais
Configuration de la surface

IV MÉTHODES D'ENTRETIEN

Caractéristiques de la végétation
Caractéristiques chimiques et physiques des déblais
Variables climatiques
Variables topographiques
Variables économiques

Lors de l'évaluation effectuée avant la mise en exploitation de la mine, les matériaux des terrains de recouvrement devront être considérés comme constituant une ressource dont on devra systématiquement se servir pour réduire les risques de pollution et créer un milieu souhaitable pour les plantations. Quant à l'évaluation effectuée après l'exploitation minière, elle renseignera sur la situation et les caractéristiques réelles des déblais remis en forme afin que le plan de reconstitution de la flore puisse se dérouler. Le pH des déblais est un indicateur de la qualité du sol, déterminant la présence d'éléments

Plass, W.P., 1975

nutritifs et d'ions toxiques pour les plantations. Des règles sur la reconstitution de la flore basées sur le pH et la texture ont été établies pour les déblais acides de l'Est des États-Unis, et des règles semblables peuvent être établies pour les déblais alcalins caractéristiques de l'Ouest des États-Unis.

La plupart des déblais de résidus ont une faible teneur en azote et en phosphore, mais ont également suffisamment de potassium pour entretenir une couverture végétale. Des suppléments de potassium sont parfois nécessaires lorsqu'on veut produire du fourrage ou pratiquer la culture en lignes. Pour neutraliser les résidus acides, on utilise le plus fréquemment le calcaire agricole ou des résidus industriels tels que les cendres légères de centrales électriques, les cendres de fond et le mâchefer alcalin industriel. Chaque fois que possible le matériau neutralisant doit être incorporé aux déblais par enfouissage à six ou huit pieds de profondeur au moyen d'engins mécaniques. Si les traitements mécaniques sont impossibles, alors le matériau neutralisant peut être déposé en surface et le mélange s'opérera per l'action du gel ou des eaux d'infiltration.

On emploie une couche de terre superficielle lorsque les résidus de surface s'avèrent incapables d'assurer une reconstitution de la végétation. Cette couche est constituée d'un mélange de tous les horizons naturels étant donné qu'il est rarement possible de sélectionner l'horizon le plus fécond. L'épaisseur de la couche est déterminée par la nature du problème qu'il s'agit de corriger. Les zones à pH faible exigent une couche de 12 pouces ou davantage. La dépenses constituée par cette terre superficielle doit être mise en balance avec une mise en place sélective des terrains de recouvrement.

Dès qu'ils sèchent, beaucoup de déblais miniers forment une croûte dure en surface. Cette croûte est préjudiciable à la germination et à la densité des semences. L'obstacle peut être surmonté en procédant à la scarification du sol avant ensemencement, ou en semant dès que le crassier est formé ou nouvellement nivelé.

Des creux, des sillons et des barrières artificielles telles que des talus de neige aident à bloquer les précipitations pluvieuses. Ils modifient les températures de surface et diminuent l'effet du vent sur les surfaces des crassiers. De l'orientation de ces ouvrages en fonction du soleil et des vents dominants dépend leur efficacité.

Les couvertures de végétations rapide plantées en vue de réduire l'érosion sont constituées de graminées annuelles donnant naissance à de forts réseaux de racines et à des feuillages abondants. Étant donné que les plantes vivaces semées en même temps que les annuelles souffrent fréquemment de la concurrence, le plan de reconstitution de la flore doit prévoir une plantation ultérieure de plantes vivaces qui constitue-

ont trouvé qu'après un incendie, le plateau de pergélisol en terrain valonné commence à s'élever 60 à 80 ans après l'implantation d'arbres, atteignant au bout de 100 ans son niveau d'avant la perturbation, mais que la couche de matières organiques ne retrouve son épaisseur d'avant la perturbation qu'au minimum après 150 ans.

Le Groupe a exprimé qu'à son avis, on n'avait pas suffisamment apporté d'attention aux caractéristiques d'enracinement, notamment en fonction du contrôle de l'érosion, lorsqu'on a procédé à la sélection des espèces de graminées destinées à la reconstitution de la végétation dans la vallée du Mackenzie. La sélection des espèces et le choix des processus se sont concentrés sur les espèces végétales qui fourniraient un bon isolement et provoqueraient un retour rapide aux conditions thermiques du sol existant avant les perturbations. Les caractéristiques qui sont importantes pour le contrôle de l'érosion, en dehors des questions de survivance bien entendu - telles que les caractéristiques d'enracinement et le mode de croissance n'ont pas reçu une attention suffisante. Bien que les espèces choisies puissent peut-être se révéler les meilleures pour enrayer l'érosion, ce fait ne découle pas avec certitude de la documentation soumise en même temps que la candidature.

L'emploi d'avions et d'hélicoptères pour l'ensemencement et l'épandage des engrais pose également des problèmes. Les différences de taille et de poids entre les graines de semences, de même que la direction et la force du vent et l'altitude à laquelle évolueront les avions peuvent provoquer de fortes variations dans la répartition des semences tout au long de la route exacte. Alors que ces variations peuvent ne pas revêtir d'importance sur les sections d'oléoduc où les effets de la reconstitution de la flore sont plutôt d'ordre esthétique, il n'en est pas de même là où le problème de l'érosion est en cause et où l'implantation d'un tapis végétal solide représente une exigence absolue. C'est pourquoi dans ce dernier cas l'ensemencement effectué par des équipes au sol doit être considéré comme une alternative préférable.

Le Groupe a souligné que lors de la sélection des espèces de graminées il sera important de tester les mélanges de semences plutôt que les espèces isolées, de mesurer la capacité de fixation du sol plutôt que la hauteur de croissance et d'évaluer l'action en fonction des catégories de sols et de climats auxquels on sera confronté.

1. PLASS, W.P.

2. 1975

3. Reclamation of surface-mined land

(Régénération de terres de mines à ciel-ouvert).

4. The Ohio Journal of Science 75 : 298-304

5. Original, avec tableau par l'auteur

6. a. États-Unis; forêts de l'Est

b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; morts-terrains, terrils

7. La technologie de la reconstitution de la végétation sur les terrains perturbés par l'exploitation de mines à ciel-ouvert sur les filons houillers du Middlewest et des Appalaches, aux États-Unis, est aujourd'hui bien avancée. Elément fondamental pour la future réussite de la productivité des terrains exploités; il existe à présent un schéma pour l'évaluation précise de la phase de pré-exploitation ainsi que de la phase post-exploitation minière. Les composants d'un programme coordonné d'exploitation minière et de régénération des sols, tels qu'énumérés dans cet article, sont les suivants :

I ÉVALUATION AVANT L'EXPLOITATION MINIÈRE AUX FINS DE DÉFINIR LES OPTIONS POUR L'UTILISATION DES TERRAINS

Exploitation minière

Qualité du charbon
Quantité du charbon
Caractéristique des terrains de recouvrement

Régénération

Caractéristiques des terrains de recouvrement
Emplacement géographique
Caractères topographiques
Modèles locaux d'utilisation des terres
Limitations légales
Facteurs politiques
Facteurs sociaux

II ÉVALUATION APRÈS L'EXPLOITATION MINIÈRE AUX FINS DE CHOISIR L'UTILISATION LA PLUS ATTRAYANTE DES TERRAINS

Caractéristiques chimiques des déblais
Caractéristiques physiques des déblais

Plass, W.P., 1975

Variables climatiques
Variables topographiques
Variables économiques

III TRAITEMENTS DE RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION AUX FINS D'ATTEINDRE LES OBJECTIFS D'UTILISATION DES TERRAINS

Préparation du site

Amendements:
Engrais (adjonction d'éléments nutritifs)
Matériaux de neutralisation (modifications physiques et chimiques du sol)
Couche de terre superficielle
Modification de la surface:
Préparation de la couche de semis
Rétention de l'humidité
Modification des températures de surface
Réduction de la vitesse du vent
Sélection des espèces:
Compatibilité avec les caractéristiques des déblais
Saison d'ensemencement
Compatibilité des espèces
Facteurs climatiques et topographiques
Objectif d'emploi du terrain
Procédés d'ensemencement et de plantation:
Surface devant être traitée
Caractéristiques physiques des déblais
Configuration de la surface

IV MÉTHODES D'ENTRETIEN

Caractéristiques de la végétation
Caractéristiques chimiques et physiques des déblais
Variables climatiques
Variables topographiques
Variables économiques

Lors de l'évaluation effectuée avant la mise en exploitation de la mine, les matériaux des terrains de recouvrement devront être considérés comme constituant une ressource dont on devra systématiquement se servir pour réduire les risques de pollution et créer un milieu souhaitable pour les plantations. Quant à l'évaluation effectuée après l'exploitation minière, elle renseignera sur la situation et les caractéristiques réelles des déblais remis en forme afin que le plan de reconstitution de la flore puisse se dérouler. Le pH des déblais est un indicateur de la qualité du sol, déterminant la présence d'éléments

Plass, W.P., 1975

nutritifs et d'ions toxiques pour les plantations. Des règles sur la reconstitution de la flore basées sur le pH et la texture ont été établies pour les déblais acides de l'Est des États-Unis, et des règles semblables peuvent être établies pour les déblais alcalins caractéristiques de l'Ouest des États-Unis.

La plupart des déblais de résidus ont une faible teneur en azote et en phosphore, mais ont également suffisamment de potassium pour entretenir une couverture végétale. Des suppléments de potassium sont parfois nécessaires lorsqu'on veut produire du fourrage ou pratiquer la culture en lignes. Pour neutraliser les résidus acides, on utilise le plus fréquemment le calcaire agricole ou des résidus industriels tels que les cendres légères de centrales électriques, les cendres de fond et le mâchefer alcalin industriel. Chaque fois que possible le matériau neutralisant doit être incorporé aux déblais par enfouissage à six ou huit pieds de profondeur au moyen d'engins mécaniques. Si les traitements mécaniques sont impossibles, alors le matériau neutralisant peut être déposé en surface et le mélange s'opérera per l'action du gel ou des eaux d'infiltration.

On emploie une couche de terre superficielle lorsque les résidus de surface s'avèrent incapables d'assurer une reconstitution de la végétation. Cette couche est constituée d'un mélange de tous les horizons naturels étant donné qu'il est rarement possible de sélectionner l'horizon le plus fécond. L'épaisseur de la couche est déterminée par la nature du problème qu'il s'agit de corriger. Les zones à pH faible exigent une couche de 12 pouces ou davantage. La dépenses constituée par cette terre superficielle doit être mise en balance avec une mise en place sélective des terrains de recouvrement.

Dès qu'ils sèchent, beaucoup de déblais miniers forment une croûte dure en surface. Cette croûte est préjudiciable à la germination et à la densité des semences. L'obstacle peut être surmonté en procédant à la scarification du sol avant ensemencement, ou en semant dès que le crassier est formé ou nouvellement nivelé.

Des creux, des sillons et des barrières artificielles telles que des talus de neige aident à bloquer les précipitations pluvieuses. Ils modifient les températures de surface et diminuent l'effet du vent sur les surfaces des crassiers. De l'orientation de ces ouvrages en fonction du soleil et des vents dominants dépend leur efficacité.

Les couvertures de végétations rapide plantées en vue de réduire l'érosion sont constituées de graminées annuelles donnant naissance à de forts réseaux de racines et à des feuillages abondants. Étant donné que les plantes vivaces semées en même temps que les annuelles souffrent fréquemment de la concurrence, le plan de reconstitution de la flore doit prévoir une plantation ultérieure de plantes vivaces qui constitue-

Plass, W.P. , 1975

ront dans l'avenir la couverture végétale permanente. Les graminées locales se développent lentement et exigent deux ou trois saisons de croissance avant de former une couverture susceptible d'enrayer l'érosion. De plus, elles posent un problème d'approvisionnement de semences. Toutefois, dans l'ouest des États-Unis et dans des environnements très hostiles, on apprécie les graminées et les légumineuses appartenant aux espèces locales. Les espèces ligneuses sont choisies pour la protection permanente des sites, pour les exploitations forestières, la nourriture et l'abri de la faune sauvage. Une des exigences majeures de la reconstitution de la végétation est la formation rapide d'une couverture de surface, obtenue fréquemment par l'emploi de mélanges de semences dont on ignore les compatibilités entre espèces, d'où il résulte que si l'on veut garder la densité désirée de la couverture on devra assurer un entretien de plus en plus actif. Certaines graminées et légumineuses présentent des caractères de compatibilité plus grands pour les unes que pour les autres, et l'influence de différents mélanges sur la croissance des arbres est actuellement à l'étude.

1. PRICE, L.W.

2. 1969

3. The collapse of solifluction lobes as a factor in vegetation block-fields

   (L'effondrement des lobes de solifluxion comme facteur de végétation dans les champs rocheux).

4. Arctic 22 : 395-402

5. Original

6. a. Yukon; Yukon méridional

   b. Région alpine; morts-terrains, routes

7. Les champs rocailleux (felsenmeer) sont des zones en pentes ou nivelées formées de petits blocs rocheux angulaires qu'on pense résulter d'une rapide dégradation mécanique du soubassement rocheux. Ces zones présentent une carence de particules fines, qui signifie une absence presque complète de terre. La surface manque d'eau et l'on enregistre de grands extrêmes dans les températures diurnes.

Des bandes éparses de terre et de végétation sur un champ rocailleux observées dans les Ruby Mountains du sud-ouest du Yukon ont permis de penser que ces bandes provenaient de lobes de solifluxion tombés du haut des pentes qui avaient ouvert la route à des avalanches de boue. Ces boues avaient transporté jusque sur les champs de pierres des touffes de végétation qui s'étaient implantées sur le fleuve de boue et tout au long de ses rives. Les lobes s'étaient effondrés en passant par dessus la faille abrupte ouverte dans la pente entre l'aube et la basse vallée où dans le cas en question, l'inclinaison de la pente avait augmenté de 10 à 12 degrés. La composition des espèces de plantes varie selon l'angle par rapport au soleil et montre quelles sont les espèces susceptibles de pousser dans des conditions de sécheresse : les *dryas octopetala, Festuca altaica, Polygonum viviparum* et les *Cassiope tetragona* remplacent les espèces en touffes, principalement les *Salix pseudopolaris, Carex michochaeta, Salix reticula* et les *Eriophorum angustifolium.*

Beaucoup d'espèces de toundras se reproduisent végétativement. Si un bosquet transporté et les plantes qui y sont associées réussissent à s'implanter avant d'être balayés par l'érosion, un petit îlot de végétation se forme, et un semblant de stabilité existe jusqu'à ce que le processus se répète. Ce dernier est extrêmement lent, mais il semble néanmoins prouvé pourquoi, grâce à l'effondrement de lobes solifluxion, certaines pentes arctiques et alpines se sont couvertes de végétation plus rapidement qu'autrement.

1. PROVINCE DE COLOMBIE-BRITANNIQUE

2. 1977

3. Guidelines for coal and mineral exploration

(Règles pour la prospection charbonnière et minérale).

4. Ministère des Mines et des Ressources pétrolières, Division de l'Inspection et de l'Ingéniérie, Victoria, 63 p.

5. Original

6. a. Colombie-Britannique; région côtière, région intérieure, Montagnes Rocheuses.

b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes, résidus.

7. Ces règles et conseils ont été rédigés dans le but d'aider les particuliers et les compagnies spécialisées dans la prospection charbonnière et minérale en Colombie-Britannique pour qu'ils exécutent leurs travaux en tenant compte des autres ressources de cette province. L'accent a été mis sur la nécessité d'inclure dans les plans d'exécution de tout projet une période de planification et un budget suffisant pour la conservation du paysage, des ressources biologiques et des autres domaines d'exploitation.

Il n'est ni possible ni souhaitable de rédiger des réglementations détaillées que l'industrie devrait appliquer à la lettre, étant donné la complexité du domaine de la prospection et la quantité de ressources naturelles que possède la Colombie-Britannique. Il est cependant indispensable, pour réduire au minimum les perturbations éventuelles, que les industries fassent un effort important pour contrôler totalement l'environnement. Pour ce faire, il convient de confier la gestion de la remise en valeur des terres à des spécialistes compétents. Dans les opérations importantes, il ne peut, bien entendu, s'agir que d'emplois à plein temps.

Ces règles visent donc à transmettre des schémas pratiques, notamment des règles générales concernant la reconstitution de la végétation. On suggère notamment :

1. Que les terres de surface soient sauvegardées jusqu'à la profondeur maximale des racines des végétaux, et que les zones perturbées soient immédiatement recouvertes de cette terre sitôt après l'achèvement des travaux.

Province de Colombie-Britannique, 1977

2. Que la reconstitution de la végétation soit effectuée, soit par ensemencement au moyen de mélanges appropriés de graminées et de légumineuses, soit par un reboisement. Les membres du personnel minier chargés des questions écologiques devront donner leur avis sur la méthode préférable, ainsi que sur les mélanges appropriés de graminées et de légumineuses. Les semences et le matériel agricole adéquat devront être à pied d'oeuvre dès le début des travaux de prospection.

3. Des renseignements complémentaires sur les besoins en engrais peuvent être obtenus, en envoyant simplement des échantillons de sol au Laboratoire d'analyse des sols du Ministère de l'Agriculture à Kelowna. Sur demande, ce service envoie des instructions pour la prise des échantillons ainsi que des boîtes à échantillons. Le prix de chaque analyse d'échantillon est approximativement de $3.00 (en 1976).

4. Au cas où le responsable ne puisse obtenir des informations précises sur le site de prospection, les quelques règles générales suivantes devront être observées :

(a) L'ensemencement sera fait à raison d'environ 25 livres de semences par acre. Chiffre à doubler en région alpine.

(b) Toutes les légumineuses devront être doublement inoculées.

(c) Les variétés rhizomateuses ou rampantes de luzernes seront employées dans les régions intérieures.

(d) Le lotier corniculé peut remplacer la luzerne dans les régions plus humides.

(e) Des engrais à dégagement lent seront épandus à raison de 200 livres par acre. Un mélange d'engrais 20-24-15 est recommandé.

(f) L'ensemencement et la fertilisation doivent être effectués aussi précocement que possible (avant les grands gels), de préférence au début du printemps. Ceci entraîne un retour sur place l'année suivante pour la régénération. Dans certains cas on peut adopter les semailles d'automne. Les endroits petits ou d'accès difficile sont mieux ensemencés si l'on opère avec des semoirs à main du genre "Cyclone". Les bas-côtés des routes peuvent être traités soient au moyen de semoirs à main ou de semoirs à moteur "Cyclone" entraînés par un tracteur agricole à quatre roues motrices.

Des règles particulières sont prévues pour les mélanges de semences destinés à être utilisés sur des galeries d'accès, des tranchées et des fosses à détritus sur lesquelles subsiste une couche de surface de terre qui a pu être préservée. Voici quels sont les mélanges de

Province de Colombie-Britannique, 1977

semences conseillés pour la remise en valeur de terres ayant subi des travaux d'adaptation minière, et valables pour les régions du centre-nord, alpines et sub-alpines en Colombie-Britannique (parties de la province qui ressemblent le plus aux régions situées au nord du 60° parallèle).

Région	Altitude (en pieds)	Type de végétation	Mélanges de semences
Nord/Centre	1 700 - 3 000	Sapin de Douglas et tremble/épinette blanche/épinette noire/bouleau	Fléole, 30%; brome 20% fétuque rouge rampante boréale, 20%; chiendent intermédiaire, 15%; trèfle hybride, 5%; luzerne, 10%
Régions alpines et sub-alpines dans toute la province, et grand-nord de la province	3 000 - 7 000	Épinette d'Engelmann/ sapin subalpin, prairies alpines, toundra	Chiendent velu, 20%; vulpin agreste, 20%; chiendent huppé, 15%; brome inerme, 15%; fétuque durette, 10%; chiendent élevé, 10%; fétuque rouge rampante boréale, 10%.

1. ROOT, J.D.

2. 1973

3. The physical environment of an abandoned strip-mine near Cadomin, Alberta.

   (L'environnement physique d'une mine à ciel-ouvert abandonnée près de Cadomin, Alberta).

4. Université de l'Alberta, Edmonton, Alberta. M. Sc. Thèse, 100 p.

5. Original

6. a. Alberta; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; morts-terrains

7. Le site de la mine de charbon abandonnée près de Cadomin dans les collines basses de l'Alberta a été étudié en 1971, alors que l'exploitation de cette mine avait cessé en 1952. Une surface d'environ 350 acres avait été perturbée par les activités minières et aucun effort n'avait été fait pour régénérer les zones d'exploitation à ciel-ouvert. En conséquence le site offrait une excellente occasion d'examiner les effets à long terme de la reconstitution naturelle de la végétation, la stabilité des pentes et les problèmes de l'érosion.

La topographie naturelle des lieux est accidentée : alternance de pentes abruptes et de surfaces plates. La végétation environnant la mine est constituée principalement de pins de Murray, de sapinettes, et de sapins Engelmann, avec quelques peupliers baumiers et des aulnes. La zone se trouve à 1 675 mètres d'altitude, juste en bas de la ligne des forêts au flanc de la chaîne montagneuses Nikanissin. Cette chaîne agit comme une barrière coupant le flux d'air venant du Pacifique, mais laissant passer le vent qui s'engouffre par une trouée le long de la rivière McLeod. Aussi les vents violents sont-ils caractéristiques de cette région.

La conclusion fondamentale de la thèse est que c'est le microclimat, et non les conditions géologiques, qui constitue le principal facteur de la limitation de la reconstitution naturelle de la végétation sur l'emplacement de l'ancienne mine. Les résidus laissés sur place consistent en grès concassé, schiste, charbon et conglomérats de petite taille, ainsi que de minerai de fer. Ces matériaux se dégradent rapidement sous l'effet du gel, particulièrement le schiste et le grès le plus tendre. Les résidus sont entassés en monticules à pentes abruptes, mais on ne trouve que très peu de terrils massifs, et tous ces détritus ont une relative stabilité. Des boursoufflures à pentes

Root, J.D., 1973

d'éboulis et des monticules de rocaille sont les deux formes importantes d'amas de résidus. L'érosion due aux eaux courantes a créé de petites ravines, mais de façon relativement minime car les vents violents entraînent la couverture de neige et les résidus ont un fort coefficient de perméabilité. L'apport de graines, l'humidité du sol et les grands vents d'hiver sont les trois facteurs principaux qui affectent la reconstitution naturelle de la végétation. La flore s'implante dans les endroits protégés du vent, là où l'humidité du sol est convenable avec bon écoulement au printemps et couverture de neige en hiver. En général la végétation est plus abondante sur la partie Ouest de la mine et décroît lorsqu'on va vers l'Est. Ce fait est attribué à la force du vent qui, étant plus grande à l'Est, conduit à une plus forte évaroration, à un enlèvement plus rapide de la neige et à une usure des plantes par frottement de particules ainsi qu'à des blessures causées à la végétation.

A l'exception du charbon, les résidus sont fertiles, mais la forte inclinaison des pentes limite la végétation en raison de l'éboulement rapide des débris cassés par le gel, des particules de terre et des débris rocheux de petite taille transportés par le vent. En conséquence les pentes sont presque dépourvues de végétation. Quant à la flore sur les parties plates des déchets, elle est limitée par l'abrasion due au vent et aux particules pierreuses transportées par le vent et par une érosion qui a fini par arracher toutes les particules de terre les plus fines. L'accumulation des particules rocheuses apportées par le vent en-dessous de l'emplacement de la mine a eu pour effet d'enterrer la végétation à l'étage inférieur et de retarder toute croissance.

A l'intérieur même du site minier, les plantes sont prostrées, couchées ou rampantes, et montrent fréquemment une croissance dense de feuilles se chevauchant. L'étendue et la pénétration profonde dans le sol de réseaux de racines et de rhizomes sont des éléments importants pour la survivance et la reproduction de la végétation. Les plantes poussent dans les endroits protégés du vent, tels les côtés sous le vent de gros blocs de roches erratiques et de grumes, ainsi que dans les dépressions et les creux. Les graines apportées par le vent s'implantent dans ces endroits protégés. Cependant les grands vents tendent à emporter loin de l'emplacement de la mine les graines qui y naissent. Les plantes se trouvent fréquemment groupées à la ligne de faille au bas de la pente des terrils. La plupart de celles qui poussent sur l'emplacement de l'ancienne mine sont adaptées aux aires d'habitation rocailleuses, gravillonneuses, sablonneuses, pauvres en humidité, battues des vents qui sont typiques des hautes régions alpines.

Pour parvenir à réussir une végétation assistée dans les collines de l'Alberta, il faut trouver des méthodes susceptibles de réduire tout à la fois le manque d'humidité et la vitesse des vents. Le compactage

Root, J.D., 1973

du sol, l'accumulation de la neige grâce à des barrières, le mélange de matières organiques aux résidus de surface et la création d'une micro-topographie accidentée, telles sont les méthodes potentielles qui devraient permettre de réduire l'influence du vent et de parer à la déficience d'humidité.

Dix communautés différentes de plantes ont pu être identifiées, selon la dominance relative des différentes combinaisons des espèces ou groupes végétaux suivants : *Crépis nana*; graminées; *Achillea millefolium*; roseaux; *Trifolium* spp; *Taraxacum officinale; Equisitum* spp; *Alnus crispa; Picéa engelmanii;* et *Pinus contorta.*

1. SCARBOROUGH, A.M. et P.W. FLANAGAN

2. 1972

3. Observation on the effects of mechanical disturbance and oil on soil microbial populations.

   (Observations sur les effets des perturbations mécaniques et pétrolières sur les populations microbiennes du sol).

4. In : B.H. McCown et B.R. Simpson, coordinateurs. "The impact of oil ressource development on northern plant communities", 23e AAAS Conférence Scientifique de l'Alaska, Université de l'Alaska, Fairbanks, Alaska, p. 63-71.

5. Original

6. a. Alaska; taïga de l'Alaska central, toundra de l'Alaska

   b. Côte du Yukon, région du delta du Mackenzie; Routes.

7. Il apparaît de plus en plus que dans les régions de toundras et de taïgas, les mycèles (fongus) jouent un rôle déterminant dans la détérioration des résidus organiques et dans les recyclages des liants nutritifs destinés à être utilisés par des plantes plus évoluées. Dans cette étude, des forces décomposantes mycromycéliennes ont été isolées de sols naturels, perturbés ou imprégnés de pétrole et analysées à partir d'échantillons de sols pris à Barrow, Prudhoe Bay, Sagwon, Hess Creek et College, tous lieux situés en Alaska. Les résultats obtenus de ces différents sites montrent un schéma commun : les effets d'une perturbation d'origine mécanique comparés à ce que l'on observe sur des lieux non perturbés ont consisté en une diminution de l'acidité du sol, en une augmentation de la masse biologique des bactéries et des levures et en une diminution des espèces, de la densité, de la masse biologique et de l'activité des espèces mycéliennes. Les observations faites sur tous les sites indiquent qu'un bouleversement majeur est intervenu dans la libération des éléments nutritifs et dans leur recyclage et l'on ne sait pas si cette modification est provisoire ou permanente. Les résultats en seront constatés lors de la première production des zones amendées. Seule une étude portant sur un certain temps pourra montrer si le système revient à son état primitif ou si intervient un nouveau régime de végétation et de populations microbiennes. Cependant des études préliminaires ont révélé que deux années après la perturbation, la microflore originale n'était pas revenue sur les lieux perturbés ou souillés de pétrole.

A College, en un endroit, 122 espèces de micromycèles ont été identifiées sur une zone d'étude non perturbée, et 83 identifiées dans la zone perturbée. Dans cette dernière zone, tous les arbres et les broussailles

Scarborough, A.M. et P.W. Flanagan, 1972

ont été arrachés au moyen de bulldozers et tous les débris incorporés au sol minéral au-dessus d'un oléoduc expérimental chauffé. La zone perturbée a été rigoureusement modifiée abiotiquement et microbiologiquement, et son pH, d'acide est devenu alcalin. Les changements dans le pH choisi pour des plantes et des communautés microbiennes entièrement différentes et l'enlèvement des lisières et des acides organiques qu'elles contenaient ont entraîné une perte des agents acidifiants qui pouvaient entrer en ligne de compte pour l'accroissement du pH et l'augmentation de la masse biologique bactérienne. Certaines espèces présentes en grand nombre dans la zone non perturbée se trouvaient en nombre réduit dans la zone perturbée ou en étaient même totalement absentes. Les changements intervenus dans les composants des espèces peut s'expliquer par l'absence de couche de litière et par un afflux de mycèles sur les semences non-stérilisées utilisées pour la reconstitution de la végétation.

En comparant diverses régions de toundra on a pu noter des différences microbiologiques. Dans les sols de Barrow, les saccharomyces prédominent, leur variété et leur nombre indiquent qu'ils sont plus actifs dans les débris en décomposition et l'on pense qu'ils augmentent en nombre avec la profondeur. La région de Prudhoe Bay est tout à fait différente et ne partage avec Barrow que 15 espèces microbiennes communes sur un total de 94 espèces pour les deux régions. La biomasse de saccharomyces était 15 fois plus grande à Barrow qu'à Prudhow Bay, exception faite des sites de nouvelle végétation imprégnés de pétrole qui possèdent la plus forte masse biologique.

1. SCHOENIKE, R.E.

2. 1958

3. Influence of mountain avens (*Dryas drummondii*) on growth of young cottonwoods (*Populus trichocarpa*) at Glacier Bay, Alaska.

   (Influence des chênettes (*Dryas drummondii*) sur la croissance des jeunes peupliers (*Populus trichocarpa*) à Glacier Bay, Alaska.

4. Comptes rendus de l'Académie des Sciences du Minnesota, 25-26 : 55-58.

5. Original

6. a. Alaska; région côtière méridionale

   b. Région alpine, Yukon méridional, Yukon septentrional; Morts-terrains, routes.

7. Dans cette étude, des gaules de peuplier implantées dans des régions où dominent les *Dryas* ont été comparées aux gaules de peupliers poussant dans des zones sans *Dryas*, à Muir Inlet de Glacier Bay, dans l'Alaska. Les mesures comparatives de hauteur ont montré que les peupliers associés à des *Dryas* poussaient plus rapidement (c'est-à-dire de 2.43 pouces par an) que les peupliers se trouvant dans les régions sans *Dryas*, dont la croissance n'est que de 2.02 pouces par an. Il n'y a pas de différences notables entre les deux groupes dans la croissance du diamètre de base, dans le nombre de branches vivantes ou dans la dimension des feuilles.

L'analyse des feuilles des *Dryas* a indiqué la présence de 1,84% d'azote (matière sèche) alors que celle des feuilles d'aulnes a montré des taux variant de 2.56 à 3.65%. Les feuilles de *Dryas* associés aux peupliers et celles des *Dryas* non associés n'ont pas montré de différences sensibles au point de vue du taux d'azote. L'auteur conclut que les colonnies de *Dryas* stimulent la croissance en hauteur des jeunes peupliers, mais à un degré moindre que ne le font les aulnes. Le *Dryas drummondii* se plait dans les régions récemment érodées par des glaciers. Sa zone actuelle se situe principalement dans l'ouest de l'Amérique du Nord, de l'Alaska central jusqu'à l'Oregon au sud et au Grand Lac des Esclaves à l'Est.

1. SCHOPMEYER, C.S.

2. 1974

3. Seeds of woody plants in the United States.

   (Semences de plantes ligneuses aux États-Unis).

4. Ministère de l'Agriculture des États-Unis, Service des Forêts, Washington D.C., Manuel agronomique n° 450. 883 p.

5. Original

6. a. États-Unis

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; morts-terrains, routes.

7. Ce manuel qui remplace le *Woody Plant Seed Manual* publié en 1948, a été rédigé à l'intention de tous ceux qui s'occupent de graines d'arbres et d'arbustes. Le texte est divisé en deux parties principales. La première décrit les principes et méthodes générales de production et de manipulation des semences. Huit chapitres traitent de la biologie des semences, des principes de l'amélioration génétique des semences, de la production de graines génétiquement améliorées, de la manipulation de pollen, de la récolte, du traitement et de l'entreposage des fruits et des graines, du traitement des graines avant ensemencement pour en accélérer la germination, de l'essai des semences et des contrôles de la commercialisation des semences d'arbres.

La seconde partie, plus élaborée, présente des méthodes spécifiques de manipulation et des données relatives aux semences de 188 espèces, comprenant la plupart des essences d'arbres et d'arbustes que l'on trouve dans le Nord. Pour donner un exemple des informations fournies pour chaque espèce la description du *Salix* comprend : manière de croître, venue et habitudes, floraison et fructification, récolte des fruits, extraction et conservation des graines, essais de germination et méthode de culture en pépinière. Lorsque cela s'avère nécessaire à l'intérieur même d'une famille donnée, des tableaux séparés indiquent pour chaque espèce la nomenclature, la venue, la phénologie de la floraison et de la fructification, les critères de fructification et de maturité, le nombre de graines nettoyées par livre de poids, les conditions d'essais de germination et les résultats de celle-ci. Une liste de référence séparée accompagne la description de chaque genre avec photographies de la forme et de la structure des graines.

1. SCHWENDIMAN, J.L.

2. 1973

3. Site preparation and seeding methods for critical areas.

   (Préparation du site et méthodes d'ensemencement dans les régions difficiles).

4. In : Notes d'atelier 1973 pour la reconstitution de la végétation en Alaska, Services de coopération, Université de l'Alaska, Fairbanks. RP-239, p. 38-40.

5. Original

6. a. Alaska : taïga du Sud de l'Alaska, taïga du centre de l'Alaska, toundra de l'Alaska.

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; morts-terrains, routes, décharges de résidus.

7. Une reconstitution réussie de la végétation exige une préparation adéquate du site. Les principes et pratiques indispensables pour une reconstitution de la flore sont les suivants : mesures destinées à permettre la disposition d'eau pure; élimination de la concurrence végétale; préparation d'un lit de semis convenable ayant la profondeur requise pour un ensemencement; semences de bonne qualité d'espèces bien adaptées; ensemencement effectué à la bonne saison; emploi d'engrais de paillis et d'un recouvrement protecteur jusqu'à ce que la végétation se soit implantée.

Une inspection soigneuse effectuée sur place permet de déterminer l'étendue de la préparation requise. Elle comprend des renseignements sur la texture du sol, sur sa capacité de rétention d'eau, le taux d'infiltration, l'inclinaison des pentes, les facteurs d'érosions et le pH du sol. De plus il convient de procéder à l'évaluation des facteurs climatiques suivants : intensité des tempêtes ou orages et variations portant sur plusieurs années; épaisseur et durée de la couche de neige; durée de la saison de croissance; durée des températures maximales et minimales; présence de pergélisol et durée de la période de sol gelé.

Les méthodes d'ensemencement doivent être adaptées à l'environnement. Les plantations en lignes sont limitées aux pentes douces de moins de 3:1. Le fait d'accroître le taux d'ensemencement ne remplace pas une bonne préparation des lieux. Des produits d'accompagnement telles que des cosses de riz, peuvent améliorer la répartition des semences.

Schwendiman, J.L., 1973

L'ensemencement à la volée est celui qui réussit le mieux sur les terrains travaillés, nus et fertiles bien protégés de l'érosion par le vent et par l'eau. Le recouvrement des graines par une fine couche de terre ou de paillis est indispensable lorsqu'on a semé à la volée. Ce genre d'ensemencement est plus rapide et plus économique que l'ensemencement dans les sillons, mais la répartition égale des graines est souvent difficile à réaliser en raison du vent. Les semailles à la volée sont les meilleures dans les campagnes labourées mais exigent presque le double de graines de semences.

Les semis dans des sillons est celui qui réussit le mieux mais il se limite aux emplacements et saisons où l'on peut utiliser des engins mécaniques. Une semeuse mécanique particulière, la *Rangeland* a été conçue pour les terrains rugueux. Il faut moins de semences lorsqu'on utilise une bonne machine qui distribue les graines, les enfouit à la profondeur correcte et les recouvre légèrement, par contre le travail se fait plus lentement que lors d'ensemencement à la volée ou par avion. Ce dernier mode d'ensemencement convient aux très grands terrains en pente, ou à des zones tout en longueur, comme par exemple les bas-côtés des routes, les hélicoptères présentent plus de souplesse, permettent une distribution des graines plus uniforme et représentent vraiment la méthode d'ensemencement la plus rapide pour les vastes terrains rugueux.

L'hydro-ensemencement a la préférence pour les pentes où il n'est pas possible de semer en creusant mais où les camions peuvent accéder. Il exige la proximité d'un point d'eau et il convient d'adopter une méthode de remplissage rapide du réservoir si l'on veut opérer efficacement.

Les implantations végétales telles que le gazonnage ou le bouturage sont souvent les moyens les plus économiques et les plus efficaces d'obtenir une reconstitution de la végétation dans des régions difficiles. Des gazons peuvent être découpés et transportées depuis leur lieu d'origine vers des emplacements critiques tels que les sorties de voies d'eau et les terrassements. Pour les boutures, les jeunes saules, aulnes ou bouleaux sont très utiles. Qu'il s'agisse de gazons ou de boutures, le transport doit s'effectuer pendant la période de sommeil des plantes. Dans les régions de pergélisol, de toundra ou alpines, des plaques épaisses de mousses, de lichens et de saules nains peuvent être utilisées pour former une couverture végétale si on les place au moyen d'un engin mécanique coupeur d'humus et qu'on les mette en étroit contact avec le sol minéral, à l'époque de l'année la plus propice. On recommande d'employer des semences garanties chaque fois que c'est possible. On est ainsi assuré de leur capacité de germination et de leur pureté. Le "*Vegetative Guide for Alaska*" est conseillé, car il donne des instructions détaillées sur la scarification, le traitement des semences et l'inoculation. Les mélanges de graines simples sont

Schwendiman, J.L., 1973

préférables aux mélanges complexes. Les petites graines poussent plus facilement que les grandes lorsqu'on pratique l'ensemencement à la volée. Lorsqu'on a recours à l'ensemencement aérien les graines lourdes tombent directement dans la terre tandis que les plus petites sont souvent emportées par le vent. Les mélanges contenant une forte proportion d'espèces annuelles ou à pousse rapide peuvent provoquer une sorte de concurrence interne avec les graines vivaces. Des taux excessifs de semences peuvent certes créer une couverture végétale rapide mais ils peuvent également entraîner une concurrence interne trop vive, spécialement dans les régions difficiles.

Trois procédés différents d'enrobage des semences sont décrits dans le Manuel. Toutefois ces méthodes sont coûteuses. De plus le volume des graines et les frais de transport s'en trouvent fortement augmentés, d'autant que les résultats ne sont pas meilleurs que lorsqu'on utilise des graines propres. On ne recommande donc l'enrobage que lorsqu'il s'agit de semences très coûteuses.

La meilleure époque pour semer se situe au début de la plus longue période favorable à la croissance des plantes. En Alaska c'est généralement entre le 15 mai et le 15 juin. Aucun ensemencement permanent ne doit s'effectuer après le 10 août excepté pour les graminées ou céréales annuelles employées comme recouvrement anti-érosion provisoire.

Les meilleurs résultats en matière de rcconstitution de la flore sont obtenus à partir de méthodes qui collaborent avec la nature pour le rétablissement aussi rapide que possible de la végétation locale. L'auteur conseille qu'on n'entreprenne aucun ensemencement si l'on n'est pas assuré d'avoir 80% de chances de succès.

1. SCOTT, J.J.

2. 1976

3. Research and development priorities - surface mining reclamation in Alaska.

   (Priorités de recherche et de développement - régénération de terrains de mines à ciel ouvert en Alaska).

4. Préparé pour le ministère de l'Intérieur des Etats-Unis, bureau des Mines, par J.J. Scott du département de l'ingénierie des Mines, du Pétrole et de la Géologie, Université du Missouri, Rolla, Missouri 10 p.

5. Original

6. a. Alaska; taïga du sud de l'Alaska, taïga du centre de l'Alaska

   b. Région alpine, Yukon méridional, Yukon septentrional, Sud-ouest du Mackenzie; Morts-terrains, routes, décharges de résidus.

7. Ce rapport consigne les conclusions auxquelles est parvenu un atelier auquel participaient l'industrie minière de l'Alaska ainsi que les fonctionnaires de cet Etat et des fonctionnaires fédéraux en vertu d'un contrat passé avec le bureau américain des mines.

Dans le préambule consacré aux conditions de l'exploitation minière en Alaska, on note que le charbon, l'or, le sable et le gravier y sont exploités et que les terrains sont valorisés par l'exploitation minière si l'on se base sur leur prix à l'acre. Ce fait est dû à l'élimination du pergélisol pendant le processus d'exploitation. La végétation est rapidement reconstituée et les problèmes de tassement du sol normalement liés au pregélisol, n'existent plus.

Les conditions géologiques de l'Alaska et du Yukon sont assez similaires, mais le développement de leurs régions minières est totalement différent en raison des attitudes différentes prises par les gouvernements. Par exemple de nombreuses zones de l'Alaska ont été interdites à la prospection minière et leur accès est plus ou moins interdit, tandis que - selon l'auteur - le gouvernement canadien a encouragé l'accès au Yukon en y construisant des voies ferrées et en encourageant l'exploitation minière.

En fait on peut grosso modo diviser les problèmes entre ceux qui sont principalement politiques et ceux qui sont principalement techniques, ces derniers étant définis comme : impact sur l'environnement, données de règles fondamentales et études de la végétation. Les déclarations

Scott, J.J., 1976

concernant l'impact sur la qualité de l'environnement ont été mises en question quant à la valeur des informations techniques leur ayant servi de base et au fait de savoir si elles n'ont pas un caractère trop spéculatif. Des données de règles fondamentales sont exigées de manière vitale sur divers sujets relatifs au développement rationnel des projets nouveaux : (1) qualité de l'eau, spécialement en ce qui concerne ses caractères chimiques ou sablonneux; (2) conditions des inondations naturelles; (3) végétation à l'état naturel; (4) faune, et les meilleures conditions la concernant. Il importe de mener ces études dans des régions vierges non perturbées par d'anciennes exploitations minières et d'en comparer les résultats avec ceux des études faites dans les régions où l'exploitation minière est en cours ou envisagée à bref délai. L'auteur signale que la végétation est plus luxuriante sur les terrains minés que sur les terres vierges et que ce fait provoque une attirance pour la faune sauvage puisqu'ainsi se trouvent plus de nourriture et d'habitats pour une population animale en augmentation.

Il importe que les études consacrées à la végétation déterminent quelles sont les espèces - et particulièrement les espèces de graminées - qui poussent le mieux sur les terrains récupérés, et indiquent comment dans certains cas on peut empêcher l'empiètement des espèces locales. A titre d'exemple, les routes d'accès menant à des exploitations minérales ou forestières et non entretenues pendant quelques années sont devenues impraticables en raison de la croissance des arbres sur leur tracé, à tel point qu'il est plus facile de construire une nouvelle route que d'arracher la végétation serrée ayant poussé sur l'ancienne.

De nouvelles méthodes d'exploitation minière sont indispensables. Elles doivent comprendre la planification de l'utilisation secondaire des terrains liée à la remise en valeur de ceux-ci, avant même que ne commence l'exploitation du gisement minier. Un exemple parmi bien d'autres : les dragues empileuses doivent être conçues d'une nouvelle façon, afin d'empiler également les résidus, ce qui réduira d'autant par la suite les frais de nivellement.

1. SELNER, J.E.

2. 1973

3. Surface mine reclamation research in Alberta

   (Recherches sur la régénération des terrains de mines à ciel-ouvert dans l'Alberta).

4. In : Terre et Forêts de l'Alberta, Service forestier de l'Alberta, division exploitation des Terres, Edmonton. 50 p.

5. Original

6. a. Alberta; Montagnes Rocheuses

   b. Région Alpine, sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; Morts-terrains.

7. Ce rapport d'inspection décrit partiellement les recherches sur la régénération des terrains entreprises par le Service Forestier de l'Alberta dans plusieurs forêts différentes, situées à des altitudes variées et qui ont été autrefois perturbées par une activité industrielle. Ces recherches étaient motivées par le besoin de trouver des solutions aux questions suivantes : (1) Quelles sont les méthodes à la fois les plus efficaces et les plus acceptables sur le plan économique pour effectuer la récupération des terres selon les différentes conditions écologiques présentes dans l'Alberta; et (2) quels sont les problèmes les plus difficiles que se présentent sur les terrain lors des travaux de régénération?

A la suite d'une enquête menée en 1971 sur des sites miniers anciens, abandonnés ou nouvellement exploités, on a découvert que la colonisation naturelle la plus fréquente était constituée dans beaucoup d'endroits d'espèces d'arbres à grandes feuilles ou de conifères, tandis que les graminés et les légumineuses étaient parfois totalement absentes en raison de la sélection naturelle survenue lors de la première succession. En conséquence, la recherche sur la reconstitution de la végétation s'est orientée vers la régénération par reboisement, c'est-à-dire par implantation d'arbres et d'arbustes.

Sur le terrain, les problèmes les plus difficiles concernent la régénération à hautes altitudes, sur les pentes abruptes et sur les terrains exposés au sud et à l'ouest, ainsi que ceux soulevés par les carences en éléments nutritifs et la chlorose des plantes. On connaît finalement peu de choses sur la régénération dans les régions de toundra alpine. Avant que l'on puisse formuler des règles, les recherches doivent déterminer quelle est la meilleure technique pour réussir la

Selner, J.E., 1973

régénération et quelle est la limite de déclivité des pentes abruptes. On doit également effectuer des recherches pour trouver des méthodes nouvelles permettant l'implantation d'une végétation et sa protection sur les terrains exposés à la chaleur et à la sécheresse. Les morts-terrains se révèlent incapables de conserver longtemps les éléments nutritifs et fondamentaux indispensables à la croissance des arbres au point que l'on constate que, deux ans après fertilisation par engrais, les taux d'éléments nutritifs demeurent inchangés sur les terrils abandonnés et stériles, c'est-à-dire insuffisants pour permettre à la végétation de survivre.

Les recherches de 1973 ont porté sur la plantation du peuplier (*Populus balsamifera* et *Populus trichocarpa*). Des boutures simples et des boutures de racines ont été plantées à Coleman dans la région de Crowsnest Pass et à Sterco dans la forêt d'Edson. Par ailleurs des études partielles sur des espèces à feuilles persistantes ont été crées sur trois emplacements dans la forêt d'Edson, et ultérieurement à Tent Mountain et à Grassy Mountain. On y a planté des graines récoltées à altitudes moyennes dans les forêts de Hinton et de Crowsnest. Il n'a pas été possible d'obtenir de graines provenant de hautes altitudes. Les espèces choisies étaient la sapinette à racines nues, la sapinette en conteneurs et le pin de Murray à racines nues.

Les peupliers ont été attaqués par des champignons et des pucerons pendant leur enracinement et ont donné des résultats défavorables nécessitant une répétition de la recherche. Le peuplier est pourtant l'espèce la plus commune qui réussit le mieux dès la première génération sur les haldes et les crassiers de l'Alberta, et l'emploi de boutures de peuplier est la méthode de régénération des sols la plus facile et la moins coûteuse. D'autres méthodes doivent être essayées dans l'avenir comprenant la plantation de rameaux de peupliers d'un an sur des racines de deux ans, et la plantation de racines de peupliers de trois ans sans les rameaux. Ces deux méthodes ont bien réussi mais reviennent plus cher que le simple emploi de boutures. Des plantations de boutures sans racines sur le versant ouest de crassiers situés à York Creek se sont soldées par un échec total dû au manque d'humidité qui interdit le bourgeonnement.

Par contre les résultats des plantations de conifères sur des crassiers à Sterco, Lovette et Coal Valley dans la forêt d'Edson ont été extrêmement bons ; 83% de toutes les espèces ayant vigoureusement survécu. Les résultats obtenus dans la région de Crowsnest ont été moins favorables ; 57% seulement de toutes les espèces ont survécu. On s'attendait de plus à la mort d'autres plants au cours de l'hiver 1973/1974, ce qui fait que le total des survivances sera finalement plus faible encore.

Selner, J.E., 1973

Une parcelle située à Luscar et une autre à Coal Valley ont été ensemencées d'un peuplement végétal d'abri avant que ne soit commencé le reboisement prévu si la survivance des espèces se révèle bonne après le passage de l'hiver. L'ensemencement d'abris a été constitué de brome, d'ivraie sauvage russe, de luzerne, de trèfle jaune, de mélilot et de vesce de printemps. Il a été traité avec des engrais normaux. De meilleurs résultats ont été enregistrés sur les surfaces molles que sur les surfaces dures, et la meilleure croissance dans les dépressions où l'humidité était la plus marquée. Après germination, les graminées ont été partiellement brûlées par le soleil, les légumineuses ont mieux survécu que les graminées, enfin le mélilot, la luzerne et la vesce de printemps n'ont pas bien progressé du tout.

L'ensemencement de Coal Valley a confirmé que si un terrain de recouvrement souple et fin est déposé sur la surface d'un crassier pendant l'exploitation de la mine, on peut réussir une régénération pour un prix vraiment très bas : de $30 à $40 par acre. L'ensemencement de graminées et de légumineuses à Grassy Mountain s'est soldé par un échec partiellement dû à la très faible pluviométrie de l'été à l'essai. Un même ensemencement effectué à Tent Mountain a permis une excellente germination des légumineuses, alors qu'on pensait auparavant qu'elle serait très médiocre en raison de la haute altitude. Or ce fait est venu confirmer les résultats d'une étude menée à Fording River en Colombie-Britannique où l'on a constaté que les légumineuses poussaient de façon satisfaisante entre 5 000 et 6 700 pieds d'altitude.

Les recherches de régénération effectuées à hautes altitudes, comme par exemple à Caw Creek Ridge (6 500 pieds) ont montré une excellente croissance des graminées et de légumineuses au cours de la première période de végétation, mais une diminution radicale avec l'hiver, ce qui fait que seules les espèces locales et celles leur ressemblant ont réussi à survivre. Il s'agissait du pâturin de prés, du brome Polar, de la fétuque rouge rampante Arctared, de la fétuque ovine dure (*Festuca ovina*, variété *duriscula*), de la fétuque rouge rampante Erika, et de la fétuque rouge rampante Reptans. A Tent Mountain, des plantations similaires ont donné la même élimination de toutes les espèces à l'exception des fétuques, du pâturin et de fléole qui n'ont montré cependant que des progrès extrêmement limités. On procédera à des essais ultérieurs avec ces espèces.

Trente-cinq photographies illustrent les différents aspects de la régénération entreprise et les légendes des photos soulignent plusieurs points importants des processus. Lorsqu'il s'agit de reboiser des emplacements miniers en vue de la régénération, le plus important est de choisir correctement l'époque. Afin de profiter de l'humidité engendrée par la fonte des neiges, on a intérêt à planter au tout début du printemps. Les arbres doivent être transportés et replantés immédiatement, tout retard pouvant provoquer une forte mortalité. Les conifères

Selner, J.E., 1973

doivent être plantés dans des trous plus grands que la normale. Chaque arbre doit être marqué par un piquet de bois et l'espacement soigneusement mesuré. La régénération est plus délicate sur les pentes abruptes, certains arbres pouvant être ensevelis sous les éboulements de résidus instables. Sur les flancs des crassiers exposés au sud, le terrain de recouvrement à base de charbon peut créer une sorte de micro-climat désertique hostile à la croissance des arbres et il est bon de prévoir un poteau feuillu susceptible de fournir un peu d'ombre au jeune plant. Les jeunes plants de sapinettes à racines nues ont donné d'excellents résultats sur différentes sortes de résidus miniers, le pin de Murray prenant le second rang car il est bien adapté aux couches sèches et aux couches de charbon surchauffées. La mortalité des espèces à feuilles persistantes s'est révélée plus faible sur les crassiers déjà recouverts d'une couche de végétation protectrice, les conifères tirant profit de l'azote fourni par les légumineuses.

1. SELNER, J.E.

2. 1974

3. Reclamation afforestation in the green zone of Alberta.

   (Reboisement de régénération dans la zone verte de l'Alberta).

4. In : D. Hocking et W.R. MacDonald, Éditeurs : Conclusions des travaux d'un atelier consacré à la remise en valeur de terrains perturbés dans l'Alberta. Rapport d'information du Centre de Recherche sur la forêt nordique NOR-X-116, p. 94-97.

5. Original

6. a. Alberta; taïga canadienne, Montagnes Rocheuses

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; Morts-terrains

7. Une inspection effectuée en 1971 par le service forestier de l'Alberta, sur des houillères situées dans la zone non-agricole de la province, a indiqué que des arbres à feuilles caduques et des conifères prédominaient sur de nombreux sites miniers abandonnés et que les légumineuses avaient parfois complètement disparu des premières végétations de colonisation. En se basant sur ces constatation, la recherche s'oriente désormais en grande partie vers le repeuplement végétal par reboisement.

L'enquête a révélé que les crassiers présentent de grandes variations quant à l'invasion végétale naturelle. L'un pourra être entièrement recouvert de végétation naturelle en 20 à 30 ans tandis qu'un autre demeurera totalement dénudé.

Les plantations expérimentales d'espèces à larges feuilles et de conifères dans différentes zones, altitudes et expositions ont indiqué : (1) Le *Picea glauca* comme l'espèce la plus susceptible de survivre sur un mort-terrain, le *Pinus contorta*, variété *Latifolia* venant au second rang; (2) les *Populus balsamifera*, *Populus termuloides* et les *Populus trichocarpa* sont excellents pour la régénération jusqu'à l'altitude de 5 000 pides; (3) La plantation d'un peuplement végétal d'abri peut créer des conditions de microsite favorisant un meilleur reboisement.

1. SHEARD, R.W.

2. 1976

3. Properties of slow-release fertilizers.

   (Propriétés des engrais à libération lente).

4. In : Travaux de la réunion inaugurale de l'Association Canadienne de la régénération des terres, département des sciences agronomiques, Collège agronomique de l'Ontario, Université de Guelph, Guelph, Ontario. P. 58-64

5. Original

6. a. Ontario; Forêt de l'Est

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; Morts-terrains.

7. Une importante part de la recherche a été consacrée aux engrais à libération lente qui délivrent de petites quantités d'éléments nutritifs à un rythme égal à celui de leur absorption par les plantes. Le but de la recherche est de procéder à une imitation de la décomposition microbologique des matières organiques dans le sol. Cette imitation peut être réalisée de deux façons : (1) en employant des composés chimiques ayant des propriétés de dissolution lente, ou (2) en enduisant physiquement les granulés d'engrais avec des membranes semi-perméables.

Normalement, les engrais contiennent de l'azote, du phosphore et du potassium. Toutefois il n'existe pas d'engrais à la libération lente renfermant ces trois éléments car il n'y a pas de potasse sous forme à libération lente. L'engrais d'os broyés, qui constitue une forme de phosphore à libération lente se voit limité par son prix élevé, et le phosphate rocheux n'est utilisable que là où le pH est égal ou inférieur à 0.5. Un engrais granulé à libération lente contenant de l'azote, de phosphore et du potassium existe cependant aux États-Unis mais son prix est tellement élevé et sa rareté si grande que son emploi est rendu discutable.

1. SHELDON, J.C. et A.D. BRADSHAW

2. 1976

3. The reclamation of slate waste tips by tree planting.

   (La régénération de terrils de déchets d'ardoises par plantation d'arbres).

4. Landscape Design 113 : 31 - 33

5. Original

6. a. Angleterre, Pays de Galles; Forêts britanniques

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; Morts-terrains

7. Sur certains terrils d'ardoises du Pays de Galles, de Cornouailles et de la région des lacs d'Angleterre, on trouve des espèces isolées d'arbres qui poussent extrêmement bien et qui ont un taux annuel de croissance tout à fait raisonnable. Les espèces les plus communes sont le chêne et le sycomore, et dans les régions plus humides le *Betula pubescens* et le *Betula pendula*.

L'ardoise est une roche inerte, très dure et de grande longévité qui ne se dégrade que très lentement. Des terrils dressés il y a plusieurs centaines d'années apparaissent tels qu'ils ont été formés si ce n'est qu'ils se sont recouverts de lichens. Une absence de schiste fin à la surface gêne la colonisation végétale, toutefois des arbres à racines profondes peuvent s'implanter et croître avec succès. La période critique est celle de la première implantation, jusqu'au moment où les racines réussissant à pénétrer dans la sous-couche de résidus trouveront l'humidité et les éléments nutritifs indispensables.

La plantation d'arbres sur les terrils offre plusieurs avantages : d'abord, c'est une méthode économique d'amélioration du terrain qui ne nécessite pas d'apport de terre. Les arbres améliorent la beauté du paysage; enfin, ils constituent un pôle d'attraction pour la faune sauvage et accumulent un humus permettant l'invasion des plantes sauvages.

Les facteurs locaux qui limitent l'implantation des arbres sont les suivants : (1) Une sécheresse de la surface pendant la plus grande partie de l'année restreint la germination des graines et leur implantation; (2) l'inexistence de source d'azote, excepté celle apportée par les pluies et les animaux qui viennent paître; (3) La présence d'animaux qui broutent les jeunes plants; (4) les risques d'ordre mécanique menaçant les plantes sur les pentes instables des terrils.

Sheldon, J.C. et A.D. Bradshaw, 1976

La germination des graines demeure hasardeuse sauf durant de longues périodes humides. Les espèces à grosses semences (chêne ou sycomore) peuvent produire rapidement des racines pivotantes en raison des réserves nutritives contenues dans leurs graines. La plantation directe de jeunes plants s'est soldée par une mortalité élevée tantôt en raison de la sécheresse, tantôt par suite du lessivage des éléments nutritifs dans les régions soumises à de fortes pluies.

Un programme de recherche a été mis sur pied, destiné à découvrir une technique d'implantation ne mettant en oeuvre qu'aussi peu d'opérations que possible sur les surfaces des terrils les plus sensibles à l'érosion. En raison de sa capacité de rétention d'eau et de son pouvoir réducteur de filtration, la tourbe a été utilisée comme additif à des engrais à libération lente composés de magnésium, ammonium, phosphate (Enmag 5 : 24 : 10). La tourbe était légère et d'un usage économique sur les pentes difficiles cependant que l'engrais à libération lente apportait des éléments nutritifs pendant un temps suffisamment long pour contre balancer la déperdition par filtration. Pour chaque 1 + 1 jeunes plants de bouleaux, un volume minimum de 3 litres, 6 de tourbe était indispensable. Ce volume suffisait pour le premier été et était assez faible pour encourager l'enfoncement des racines au cours du second été. Des plaques d'ardoises ont été placées autour du poquet de tourbe afin d'augmenter l'humidité de la surface de captation des eaux.

Sur les plantations importantes, la tourbe a été mélangée avec de l'engrais, du calcaire et de la paille de bois afin de former une sorte de boue qui était injectée manuellement dans les dépressions de terril. Les avantages de cette méthode sont les suivants : Le compost est humide et on peut y effectuer les plantations quarante-huit heures après la mise en place; un grand nombre de trous peuvent être remplis par un seul ouvrier, ce qui réduit les travaux et la circulation sur une surface fortement soumise à l'érosion. Enfin la boue remplit complètement les cavités entre les blocs d'ardoise et atteint la couche de schiste ardoisier qui se trouve au-dessous.

Quant aux espèces d'arbres essayées, le bouleau s'est révélé excellent pour la régénération des terrains en raison de ses faibles besoins en éléments nutritifs, de sa capacité de développement aussi bien en terrains secs qu'en terrains humides dès qu'il a réussi à s'implanter, et enfin, de sa croissance rapide. Cette espèce produit beaucoup de graines, ce qui aide à la colonisation ultérieure, et sa caducité contribue fortement à la formation d'un humus. Le *Pinus Contorta* (pin de Murray) pousse également bien mais a une faible capacité d'amélioration des sols car ses feuilles sont dures et résistent à une décomposition rapide.

L'*Alnus glutinosa* (aulne glutineux) s'est révélé capable de très bien réussir et tire avantage de sa propre capacité à fixer l'azote, c'est-à-dire à surmonter le problème de nutrition qui existe toujours dans

Sheldon, J.C. et A.D. Bradshaw, 1976

les schistes. Les auteurs suggèrent donc que des plantations mixtes d'aulnes et d'autres espèces pourraient être extrêmement bénéfiques pour l'amélioration du niveau d'azote dans le sol. Sans la présence des aulnes, les déficiences en azote exigeraient une amélioration qui ne pourrait se faire qu'avec des applications d'engrais.

Les auteurs signalent enfin qu'il faut éliminer tous les animaux brouteurs si l'on veut réussir la reconstitution de la végétation sur ce genre de terrils.

1. SHETRON, S.G. et R. DUFFEK

2. 1970

3. Establishing vegetation on iron mine tailings.

   (Implantation d'une végétation sur des résidus de mines de fer).

4. Journal de la conservation des eaux et du sol, 25 : 227-230

5. Original

6. a. Michigan; Forêt de l'est

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; Haldes

7. La fonction potentielle des résidus de minerai de fer en tant qu'agent de croissance de végétation a été essayée sur la mine à ciel-ouvert de Republic Mine située dans la péninsule du Michigan. En cet endroit, les résidus se présentent sous forme de tuf finement broyé ayant valeur nutritive pour les végétaux et dont le pH va de 7,8 à 8,1. Les résidus se répartissent en fin sable gras à l'endroit de la décharge et en vase au lieu le plus éloigné de la décharge. Les teintes de leur surface varient du rose au rouge sombre. En raison de cette coloration, la surface s'échauffe rapidement pendant le jour et se refroidit non moins rapidement la nuit pendant la saison de croissance. L'eau pénètre rapidement les résidus qui, de plus, sont soumis à une forte érosion due aux vents.

Les essais de traitement ont été les suivants : Une parcelle fertilisée au moyen d'engrais du commerce - une parcelle de sciure de bois fertilisée ajoutée à un mélange de résidus - enfin une parcelle de contrôle. On a procédé à l'évaluation de la croissance et de la survivance de cinq espèces ligneuses sur ces quatre sols différents. Les espèces testées au cours de la première saison ont été les suivantes :

Luzerne cultivée	*Medicago sativa*
Trèfle des champs	*Trifolium repens*
Ivraie vivace	*Lolium multiflorum*
Fléole des prés	*Phleum pratense*
Dactyle pelotonné	*Dactylis glomerata*
Robonier faux-acacia	*Robinia pseudoacacia*
Pin jack	*Pinus banksiana*
Pin rouge résineux	*Pinus resinosa*

Shetron, S.G. et R. Duffek, 1970

L'engrais employé était un pré-mélange d'azote ammoniaqué, de triple superphosphate et de murate de potasse selon les proportions 1.3.3 (20-60-60- livres/acre) pour les mélanges de semences graminées-légumineuses, et selon proportions 2.1.2 (40-20-40 livres/acre) pour les graminées seules.

Les résultats ont montré qu'on n'enregistrait pas de diminution de pH après deux saisons de croissance dans aucune des parcelles traitées. Davantage de phosphore est apparu dans les quelques pouces superficiels des résidus fertilisés initiallement et sur lesquels on avait répété deux fois la même opération au même taux d'engrais. Le fait a été attribué à la libération lente des phosphates.

On a trouvé que les résidus étaient entrelacés, à diverses profondeurs, en couches discontinues de texture fine. Des concentrations particulièrement élevées d'azote et de potassium se trouvaient dans ces couches de terre fine, en plus grande quantité que dans les résidus placés au-dessus ou en-dessous d'elles. On a découvert que ces couches à texture fine contribuaient fortement à la croissance de la végétation. En effet elles servaient de réservoirs d'eau et d'éléments nutritifs pendant toute la saison de croissance. Les racines des plantes herbacées poussaient latéralement dès qu'elle rencontraient l'une de ces couches à fine texture.

Une couverture végétale fut réussie à 100% dès la première saison de croissance, en employant des mélanges de semences graminées-légumineuses, du dactyle pelotonné de la fétuque haute et de l'ivraie annuelle avec trois applications d'engrais. Si l'on ne faisait qu'une seule application d'engrais, la croissance des mêmes espèces était bien moindre, n'atteignant une couverture que de 30 à 40%. De la fléole et du brome des prés ont été employés comme peuplement d'abri pour le trèfle rampant et la luzerne. Ces deux légumineuses ont bien poussé sur les parcelles fertilisées en une seule fois, et ont supplanté réellement leurs peuplements d'abris respectifs.

La croissance des graminées et des légumineuses dans les parcelles de vérification a été très faible, n'atteignant une couverture que de 20 à 25% avec une hauteur moyenne de deux pouces. Dans les parcelles contenant de la sciure de bois, graminées et légumineuses sont mortes peu après leur germination, tandis que dans les parcelles où de l'engrais avait été ajouté à la sciure de bois, une couverture dense de luzerne et de trèfle était obtenue. Dans ce dernier essai, les espèces de graminées ne poussèrent que pendant deux à trois semaines avant de mourir. On a remarqué que la sciure de bois n'aidait la croissance des plantes que pendant un bref laps de temps, mais que la perturbation mécanique provoquée par l'incorporation de la sciure dans les détritus détruisait les couches de terre fine proches de la surface et, du même coup les réservoirs de matière nutritive et d'eau. Le taux de survivance des

plantations d'arbres a varié de 20% dans les parcelles fertilisées une fois, jusqu'à 92% dans les parcelles de vérification. Des trois espèces plantées, le pin rouge a eu le taux moyen de survivance le plus élevé suivi par le pin jack et l'acacia.

L'érosion par le vent était la même pour toutes les parcelles. Dans un cas, 4 pouces ½ de résidus furent déplacés par le vent jusque sur une parcelle de jeunes pousses d'arbres voisine d'une végétation herbacée. Pour lutter contre cette invasion des rangs d'avoines ont été alignés, qui ont réussi à retenir environ 1 400 tonnes de poussière de détritus au cours de la seconde saison de croissance. On a calculé que grâce à l'emploi d'un semoir mécanique on parvenait à planter de 2 à 3 acres à l'heure, sans préparation préalable du sol de la pépinière (à l'exception de l'application de sciure de bois). Le transport de cette sciure par camion s'est révélé coûteux. L'ensemencement de graminées ou de légumineuses avec trois applications d'engrais revient à l'heure où nous écrivons à environ $75 par acre.

Il doit être bien entendu que le premier objectif de toute stabilisation végétale est d'implanter rapidement au moyen de procédés économiques une communauté végétale s'entretenant elle-même qui stabilisera les résidus miniers et améliorera l'esthétique du paysage. Il a été démontré qu'on pouvait y parvenir, le seul problème non résolu étant de savoir pendant combien de temps cette communauté végétale se perpétuera toute seule.

1. SMITH, R.A.H. et A.J. BRADSHAW

2. 1972

3. Stabilization of toxic mine wastes by the use of tolerant plant populations.

   (Stabilisation de déchets miniers toxiques par l'emploi de populations végétales tolérantes).

4. Travaux de l'Institut métallurgique et minier 81 : A230-A238

5. Original

6. a. Angleterre, Pays de Galles; forêt britannique

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; décharges de déchets miniers

7. Si l'on veut éviter la pollution et améliorer l'aspect esthétique des régions minières, une méthode économique et permanente de stabilisation des déchets miniers métalliques toxiques est indispensable. La solution consiste à planter des espèces végétales tolérantes aux sels métalliques, tels que l'*Agrostis tenuis* et la *Festyca ovina* qui poussent bien en Angleterre sur des déchets acides, ou des *Agrostis stolonifera*, *Festuca rubra* et *Deschampsia caespitosa* qui poussent sur des matériaux calcaires.

Les résidus miniers varient quant à leur contenu métallique. En général, le zinc et le plomb se présentent ensemble et le cuivre séparément. Mais on connaît des résidus portant trace de ces trois métaux. La plus grande différence consiste dans la présence ou l'absence de calcium présent le plus souvent sous forme de carbonate de calcium qui modifie radicalement le pH et la potentialité des déchets à permettre la croissance d'une végétation.

Les espèces citées ci-dessus représentent des communautés végétales qui supportent des fortes concentrations métalliques et de faibles niveaux de macro-éléments nutritifs. Un plan de récupération des terrains a été mis en oeuvre sur des haldes toxiques situées au pays de Galles et en Angleterre. Il utilise les semences des espèces citées en y adjoignant une fertilisation des déblais au moyen d'engrais. Les essais ont démontré que tant qu'on apportait de l'engrais, la communauté végétale prospérait. Les semences de ces mêmes espèces, disponibles normalement dans le commerce, poussent pendant quelque temps puis meurent dans l'année, par suite de la sécheresse en général. Les espèces résistantes aux métaux s'enracinent bien et sont beaucoup moins sensibles à la sécheresse.

Smith, R.A. et A.D. Bradshaw, 1972

La tolérance des espèces est spécifique à chaque type de métal et les différentes espèces ont également des préférences pour tel ou tel taux de calcium ou d'acidité. Dans la situation de la Grande-Bretagne, trois espèces différentes de graminées ont été proposées pour obtenir une multiplication des graines dans les situations spécifiques d'endroits données de façon à ce que des semences des espèces végétales résistantes puissent être disponibles :

Festuca rubra (fétuque route)	- pour résidus zinc-plomb calcaires
Agrostis tenuis (jonc)	- pour résidus zinc-plomb acides
Agrostis tenuis (jonc)	- pour résidus cuivreux
Agrostis stolonifera	- pour résidus zinc-plomb calcaires

La dernière espèce n'a qu'une faible production de graines et est sensible à la sécheresse, mais elle peut être précieuse pour des plantations manuelles sur des terrains humides, cal elle se répand facilement par stolonisation.

Un inconvénient de cette approche est qu'on ne peut pas se servir de la végétation résistante aux métaux comme fourrage; en effet, des quantités considérables de métaux toxiques sont absorbées par les plantes, même par les espèces les plus résistantes. Dans les prairies implantées depuis longtemps, les taux de métal absorbé peuvent atteindre 0,4%. Néanmoins, la méthode demeure valable lorsqu'il s'agit seulement d'améliorer le paysage et de contrôler l'érosion.

Il n'est pas toujours possible d'utiliser de la terre de surface, soit en raison de son prix, soit parce qu'elle est difficile à trouver, à moins, bien entendu, que son application ne soit exigée pour des motifs agricoles ou parce que le paysage doit être totalement remis en l'état où il était avant toute perturbation. Les communautés végétales tolérantes fournissent une approche de rechange importante pour toute stabilisation physique et chimique des résidus miniers et offrent l'avantage supplémentaire de durer indéfiniment si elles sont correctement traitées.

1. STAMP, L.D.

2. 1951

3. The reclamation of abandoned industrial areas.

   (La récupération de zones industrielles abandonnées).

4. Journal of the Royal Society of Arts, volume C, N° 4863 : 97-114

5. Original

6. a. Angleterre : Forêt britannique

   b. Sud-ouest Mackenzie; Yukon sud : Morts-terrains

7. La récupération de terres est jugée importante pour des raisons économiques aussi bien qu'esthétiques. En Grande-Bretagne la réutilisation des terres abandonnées comprend aussi bien un nouvel usage industriel que la création de logements, de terrains de loisirs ou de réserves naturelles. Les anciennes carrières notamment ont une importance assez particulière en tant que réserves naturelles de végétation locale et de vie sauvage.

La reconstitution de la végétation sur les terrils d'anciennes mines de charbon peut s'opérer par reboisement. L'Association pour le reboisement des Midlands qui a entrepris ses premiers travaux dès 1903 estime que les arbres à feuilles caduques supportent mieux l'atmosphère enfumée et chargée de suie des zones industrielles que ne le font les conifères. Cependant, vers 1951, les espaces plantés d'essences telles que l'aulne, le peuplier noir, le sycomore, le saule, l'orme blanc, le bouleau et le frêne ont été abandonnés par suite des dégradations causées par le public.

Pour toute récupération des terres il est indispensable d'avoir un matériau formateur de sol. Les analyses de sol, le choix des engrais, la connaissance de la structure des particules et une sélection judicieuse des espèces à semer font partie des autres nécessités. Les terrils à sommet plat comme on les formait autrefois sont plus faciles à régénérer, mais occupent plus de terrain que les terrils modernes de forme cônique.

La restauration des terrains doit être envisagée comme un processus à long terme et il faut compter avec le temps pour son établissement définitif. Une erreur assez commune consiste à tenter de restaurer le terrain pour le rendre immédiatement à son utilisation antérieure. Pour consolider une terre, dix années au moins sont jugées généralement indispensables.

Stamp, L.D., 1951

Plusieurs questions demeurent posées qui n'ont pas toujours reçu de réponse quant à la façon de traiter le sol. Est-ce que la surface doit être enlevée et emmagasinée? Et qu'arrive-t-il à la structure des particules, au contenu en humus, aux vers de terre, aux bactéries et autres lorsque cette terre est emmagasinée? Qu'advient-il des aérobies ensevelies sous une grande masse de terre?

Un autre problème relatif aux installations sidérurgiques est que les terrains de recouvrement consistent fréquemment en couches massives de calcaires et de grès qui, une fois le minerai enlevé, constituent d'énormes masses souvent abandonnées sous forme de collines et de vallons. Toutefois, les arbres poussent mieux sur ces vallonnements que sur les terrains plats pourvu que les résidus ne se présentent pas sous forme de trop gros blocs.

1. STANLAKE, M.G., E.A. STANLAKE et D.S. EASTMAN

2. 1977

3. Reclamation for wildlife in southeastern British Columbia.

   (Récupération de terres destinées à la vie sauvage dans le sud-est de la Colombie-Britannique).

4. Document présenté au Symposium sur la régénération, organisé par l'Industrie charbonnière au Banff Springs Hotel du 13 au 17 février 1977, sous le patronage de l'Association charbonnière du Canada (non-paginé).

5. Original

6. a. Colombie-Britannique : Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine, Yukon sud : Morts-terrains, routes.

7. Ce rapport est basé sur une enquête menée pendant trois ans au sujet de la présence de mammifères ongulés sur les mines à ciel-ouvert dont les terres sont récupérées dans le sud-est de la Colombie-Britannique. Cette présence a augmenté de façon continue au cours des trois années tandis qu'elle ne variait pas dans les régions naturelles environnantes. Cependant au bout de ces trois ans l'habitat non perturbé était de 61% plus peuplé que les zones les plus fréquentées des terrains récupérés.

Les auteurs ont fait les recommandations suivantes au sujet de la reconstitution de la végétation propre à encourager le mieux la venue de la faune sauvage dans les zones récupérées :

1. Pendant l'exploitation minière d'une région, des îlots de végétation naturelle doivent être conservés chaque fois que possible, non seulement pour fournir une source de semences mais pour offrir un abri aux mammifères ongulés sauvages. Ces îlots doivent être prévus dès les premières phases de l'exploitation minière.

2. Davantage d'essais relatifs à l'aptitude des arbustes et des graminées locales aux terrains à récupérer doivent être effectués, sur place. En procédant au choix des plantes d'origine locale on devra se préoccuper de leur saveur et de leur valeur nutritive pour les ongulés sauvages.

3. Afin d'améliorer les terres récupérées en faveur des ongulés sauvages, on devra planter beaucoup d'arbres et d'arbustes appartenant de préférence à des espèces susceptibles d'être broutées, telles le saskatoon et le saule.

Stanlake, M.G., E.A. Stanlake et D.S. Eastman, 1977

4. Afin d'augmenter la stabilité des pentes et d'encourager la présence de la faune sauvage dès le début du processus de récupération des terres, il convient de planter des massifs et des bosquets de graminées, de buissons et d'arbustes.

5. L'influence des différents taux d'application de divers engrais sur la croissance annuelle, la production de graines, le contenu en éléments nutritifs et leur utilisation, doivent être soigneusement définis pour chaque espèce végétale destinée à la reconstitution de la flore. Ces renseignements doivent permettre de déterminer quel est le meilleur moyen d'accélérer le processus de régénération des terres grâce à l'emploi d'engrais.

1. STEWART, W.D.P.

2. 1967

3. Nitrogen-fixing plants.

   (Plantes fixatrices d'azote).

4. Science 158 : 1426-1432

5. Original

6. a. Dans le monde entier

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest : Morts-terrains, routes, décharges de résidus.

7. Les agents biologiques de la fixation de l'azote sont, partout dans le monde, tantôt des associations bactériennes rhizobium-légumineuse, d'algues bleu-vert, de plantes non-légumineuses sans nodosités d'angiospermes et de gymnospermes, de plantes ayant des nodosités de feuillage ou de bactéries libres fixatrices d'azote, et certains champignons, actinomycètes et levures.

On estime que 90% des quelques cent millions de tonnes d'azote produites annuellement sont d'origine biologique. Dans l'écologie agricole les légumineuses à nodules sont les principales fixatrices d'azote avec des symbiotes bactérionnes de rhizobium. Les nodosités sont considérées comme des sortes de niches écologiques spécialisées qui créent les conditions de micro-environnement et les éléments métaboliques spéciaux permettant aux bactéroïdes (les bactéries immobiles agrandies naissant dans les cellules contaminées) de pouvoir fixer l'azote. Le fer et le molybdène semblent être exigés pour que s'opère la fixation de l'azote par symbiose et c'est pourquoi du molybdène est couramment ajouté à beaucoup de sols de culture où poussent des légumineuses nodulées. Les quantités ajoutées sont faibles, de l'ordre de 70 grammes/hectare ou 1 once/acre.

Parmi les 13 espèces d'angiospermes à racines nodulées se trouvent l'*Alnus*, le *Shepherdia* et l'*Arctostaphylos*. Ces espèces ligneuses vivaces sont les premières plantes caractéristiques à pousser sur les terres pauvres en azote combiné où elles ont un avantage concurrentiel certain. En 1955, Crocker et Major ont signalé l'abondance des *Alnus* dans les régions de l'Alaska récemment dégagées des glaces, ce fait étant lié à la fixation de l'azote.

Les algues bleu-vert sont les organismes libres fixateurs d'azote les plus abondants. Généralement plus les conditions physiques sont extrêmes, plus les algues bleu-vert ont une chance d'être présentes pourvu qu'il y ait de la lumière, de l'eau et de l'acide carbonique disponibles.

1. STOVER, J.C.

2. 1973

3. Mulching in Alaska.

   (Paillage en Alaska).

4. In : Notes d'atelier de reconstitution de la flore en Alaska, 1973. Service d'extension de la coopération, Université de l'Alaska, p. 27-33.

5. Original

6. a. Alaska : taïga de l'Alaska méridional, taïga de l'Alaska central, toundra de l'Alaska.

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, région du delta du Mackenzie, côte du Yukon, Yukon septentrional, région alpine, Yukon méridional : Morts-terrains, routes, décharges de résidus.

7. Les paillages sont employés pour fournir une protection contre la pluie, empêcher l'érosion, tempérer les extrêmes climatiques (spécialement les fortes chaleurs diurnes), renforcer les sols arrivés ou près d'arriver à un point de cisaillement, augmenter ou diminuer les températures de surface. Les paillis offrent une protection provisoire ou permanente tout en aidant la couverture végétale définitive à se développer.

Lorsqu'on procède à l'évaluation des paillis, les facteurs suivants entrent en ligne de compte : inclinaison de la pente, présence ou absence d'humidité, esthétique, cycle gel-dégel; traitement imperméable ou perméable; influence thermique et utilisation particulière (par exemple alignement de fossés et de canaux, ou digue de protection).

Tous les paillis ne présentent pas que des avantages. La fibre de verre et les autres matériaux inertes ne se décomposent pas, les copeaux de bois privent le sol d'azote, les paillis blancs réverbèrent trop la lumière. De plus on ne connaît pas encore complètement les mécanismes et les influences des liants chimiques.

Pour empêcher l'érosion sur les pentes douces, la paille constitue l'un des meilleurs paillis. Elle tempère les variations climatiques, aidant ainsi la végétation à s'implanter. De nombreuses méthodes ont été employées pour stabiliser la paille : enterrement complet ou partiel : piquets et ficelles, liants liquides. L'asphalte émulsifié est employé comme élément de liaison à raison d'environ I tonne/acre (222 gallons).

Stover, J.C., 1973

et peut être appliqué en même temps que les semences et l'engrais. Mais les meilleurs résultats sont obtenus lorsque le liant est appliqué après l'ensemencement, ce qui évite l'enrobement des graines. Le projet de l'oléoduc Alyeska prévoyait d'employer une litière de paille (à raison de 1½ à 2 tonnes/acre) avec du PVA (acétate de polyvinyle) servant de liant liquide jugé non-toxique. Ce liant est mélangé à l'eau dans la proportion de 1 gallon de PVA pour 100 gallons d'eau; ce mélange est épandu à raison de 500 gal/acre. Les semences et l'engrais peuvent être épandus après l'émulsion afin de contrôler l'érosion sur des pentes nouvellement édifiées qu'on ensemencera plus tard pour empêcher l'érosion de façon définitive.

Les copeaux de bois sont utilisés comme paillis sur les pentes dont l'inclinaison dépasse 2:1, là où l'effort de tension du paillage revêt de l'importance. L'American Excelsior fabrique des paillis constitués de copeaux de bois posés sur un filet de nylon, large de 4 pieds, dont l'effet est comparable à celui d'une litière de paillis mélangée à un liant pour peu que le contrôle de l'érosion et la réussite d'une reconstitution d'une végétation soient les buts recherchés. L'auteur recommande de fixer le filet au moyen de nombreux cordages afin de lui faire épouser les irrégularités de la surface. Originellement, le copeau de bois est blanc, mais il vire au brun en vieillissant et n'est plus apparent dès que l'herbe atteint la hauteur de 2 à 2½ pouces. On peut d'ailleurs vaporiser une émulsion d'asphalte colorée sur les copeaux afin d'augmenter leur capacité d'absorption thermique. Le copeau de bois peut également être étendu en longueur sur une entaille supérieure afin d'empêcher l'érosion par affouillement ou par les eaux de pluie.

La fibre de verre constitue le paillis le plus résistant. On l'applique au moyen d'un compresseur d'air et d'une lance spéciale, parfois en association avec une couche de fixation pour éviter que la fibre de verre soit emportée par le vent. Un plan exige un paillis de fibres de verre sur des sillons préparés sur des sols riches en glace. Tout matériau d'un diamètre supérieur à 2 pouces est retiré manuellement de la face intérieure du sillon. On applique alors, et toujours manuellement, la fibre de verre à raison de 300 fibres/acres, en l'entrelaçant à la végétation existante et en la nouant dans la couverture végétale pour la renforcer et créer ainsi une sorte de tapis isolant d'une seule pièce sous lequel la neige se met à fondre. On pense qu'il faudra probablement cinq années de fonte pour parvenir au point de stabilisation souhaité.

Le PVA, cité plus haut, est un stabilisateur de sol tout à fait récent. Il peut s'opposer au gel mais exige une température de 45°F (5°C) pour que se produise la réaction chimique le transformant en croûte ou en liant. Les croûtes sont employées pour stabiliser les sols poreux : la membrane semi-perméable qui se forme retient la vapeur d'eau. Le PVA est aujourd'hui ce qu'il y a de mieux pour lier le sable ou les sols soumis à l'érosion sur les pentes ou le long de voies d'eau. Dans le

Stover, J.C., 1973

cas de son utilisation sur de la vase, de l'argile ou de lehm, il est nécessaire d'y ajouter un agent d'humidification. Après application, le PVA est naturellement transparent mais on peut le blanchir en lui ajoutant du bioxyde de titane ou le noircir par addition de noir de fumée. Le PVA ne peut être utilisé sur les zones de circulation car il se brise et se fend. L'Alaska Pipe line Service Company projette d'utiliser le PVA pour garnir les fossées et traiter les mares afin d'aider à la reconstitution de la flore, contrôler le mouvement des poussières, l'érosion thermique ou éolienne.

1. STRANG, R.M.

2. 1973

3. Studies of vegetation, landform and permafrost in the Mackenzie Valley : some case histories of disturbance.

   (Études sur la végétation, la nature des terres et le pergélisol dans la vallée du Mackenzie : quelques exemples de perturbations).

4. Commission des questions sociales et de l'environnement, Oléoducs du Nord, Northern Oil Development, Rapport N° 73-14, 49 p. plus tableaux.

5. Original

6. a. Territoire du Mackenzie, Yukon; taïga canadienne, toundra canadienne.

   b. Sud-ouest Mackenzie, Mackenzie central, région du delta du Mackenzie, côte du Yukon, Yukon-Nord; Routes.

7. Ce rapport résulte d'un examen effectué en 1972 sur le sol et la végétation d'environ deux cents sites où des perturbations avaient été produites dans la vallée du Mackenzie et dans le nord du Yukon. Des données classées concernant la végétation naturelle, la perturbation (sorte, saison, temps écoulé depuis la perturbation) et le sol de couverture résultant de cette perturbation, sont présentées pour 19 lieux près de Fort Simpson, 27 près de Wrigley, 22 près de Fort Norman, 17 près de Sans Sault Rapids, 15 près de Fort Good Hope, 15 près de Fort McPherson, 15 près d'Old Crow et 44 dans la région d'Inuvik.

Au sujet de la reconstitution de la flore sur les sols riches en glace, l'auteur note que des inconvénients sérieux ont résulté de la réutilisation d'anciennes routes ou lignes sismiques en cours de stabilisation. Des espèces végétales telles que les espèces de *Carex, d'Eriophorum,* de *Ranunculus gmelini* et de *Petasites* bien adaptées aux sols humides ont paru ne pas supporter la perturbation au point qu'une nouvelle série de perturbations leur a causé de graves dégradations.

L'auteur a repéré un certain nombre de zones d'ombre dans les connaissances que l'on a sur la reconstitution de la végétation et la récupération des terrains perturbés du Nord :

1. En ce qui concerne la construction non seulement d'oléoducs mais aussi de routes et d'autres sortes de travaux, nous ne connaissons par encore bien ce qu'il y a de mieux pour reconstituer une couverture végétale sur les terrains perturbés ni pour restaurer le régime thermal négatif.

Strang, R.M., 1973

2. Dans les endroits où l'on ne peut éviter l'exposition hivernale d'une couche glacée, il est nécessaire de prévoir une couche isolante pendant la saison de dégel suivante. Nous avons besoin de nous assurer des matériaux les plus propres à remplir cette fonction et, en même temps de prévoir une couche de semis pour effectuer une implantation végétale rapide par ensemencement naturel ou artificiel.

3. Lorsqu'un glissement de terrain s'est produit, nous devons être en mesure de restaurer rapidement le site. Or aucun travail pratique n'a encore été effectué pour mettre au point une technique convenable.

1. SUTTON, R.K.

2. 1975

3. Why native plants aren't used more.

   (Pourquoi les plantes d'origine locale ne sont pas utilisées davantage).

4. Journal de la conservation des sols et des eaux, 30 : 240-242

5. Original

6. a. Etats-Unis

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; morts-terrains, routes, décharges de résidus

7. Dans le secteur privé, l'obstacle à l'emploi des espèces de plantes d'origine locale vient du manque d'approvisionnement. La récolte sur place à grande échelle n'est pas pratique car il est difficile de certifier que les plantes sont viables et de confirmer leur origine (par altitude et latitude) ainsi que d'assurer leur uniformité. Il y a aussi le danger d'endommager un environnement fragile dans les lieux où l'on récolterait les graines.

Les pépinières commerciales ne disposent pas de plantes locales en quantité et diversité suffisantes, en raison du manque de demande, des problèmes d'approvisionnement, de la faible uniformité en stock et de l'ignorance en matière de croissance et d'entreposage. Aussi bien, lorsqu'il s'agit de procéder à une récupération importante de terrains, les directeurs de projets sont-ils dans l'incapacité de trouver des semences locales garanties et adaptées.

Bien que rédigé en se référant à ce qui se passe aux Etats-Unis, l'article présente un intérêt d'ordre général. Il montre à quel point les différents types écologiques contribuent à la diversité et à la stabilité des paysages naturels. Une espèce végétale donnée peut posséder à l'intérieur de sa gamme un écotype qui a des différences génétiques liées à son environnement immédiat.

L'emploi d'espèces locales est encore gêné par certains problèmes non encore résolus relatifs à la dégradation des lieux où l'on récolte les semences, à l'harmonie des zones de plantation, à l'adaptation des espèces à ces zones et enfin, à l'entretien de la végétation nouvellement plantée.

1. SYNCRUDE CANADA, LIMITED

2. 1975

3. Revegetation : species selection - an initial report.

   (Reconstitution de la végétation : sélection des espèces. Rapport initial).

4. Syncrude Canada limited, Edmonton. Monographie de Recherches sur l'environnement, 1974-3. 47 p.

5. Original

6. a. Alberta : taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon sud : Morts-terrains, résidus

7. Cette monographie est le premier rapport public consacré au programme de reconstitution de la végétation prévu pour récupérer et remettre en valeur les terrains perturbés au cours de l'extraction de sables bitumineux. Ce programme est planifié à long-terme (jusqu'à 30 ans). Il y est prévu d'utiliser autant que possible des espèces végétales locales pour effectuer la reconstitution de la flore. Pour implanter une communauté végétale stable, on a estimé que le cycle naturel des générations de plantes offrait le meilleur des exemples. Pour parvenir à cet objectif, on a examiné attentivement les communautés végétales de la région tandis qu'on procédait à la reconstitution naturelle ou artificielle de la flore dans la zone des sables bitumineux de l'Athabasca, notamment sur les coupes, les plates-formes d'oléoducs, les bas-côtés des routes et les surfaces minées. Ce sont les coupes qui semblent avoir été les moins perturbées. La couche de terre superficielle n'y ayant pas été détruite, la reconstitution naturelle de la végétation s'y est effectuée rapidement. Par contre la même reconstitution a été plus lente sur les lieux où la couche de terre superficielle et les détritus avaient été enlevées et l'érosion y a posé des problèmes. Sur ces sites, la végétation consiste en quelques mauvaises herbes et en espèces locales telles que l'épilobe (*Epilobium angustifolium*) et le fraisier des bois. Une grave perturbation du sol intervient sur une tranchée d'oléoduc lorsqu'on y a laissé en surface des matériaux relativement stériles. Abandonnées à la reconstitution naturelle d'une végétation, ces zones voient pousser les espèces les plus communes : vulpin bleu, chiendent ténu, pâturins, épilobe, rosier sauvage, fraisier et framboisier sauvage, prêle, prêle des marais et achillée commune. Les légumineuses étant représentées par la vesce sauvage et occasionnellement le pois grimpant, avec des mauvaises herbes comme le pissenlit, le laiteron et le chardon du Canada.

Syncrude Canada, Limited, 1975

Sur les bas-côtés des routes où l'on a semé le brome, la fétuque rouge et la fléole ont été les principales graminées, en même temps qu'on semait, comme légumineuses, le trèfle hybride, le mélilot et le trèfle incarnat. Dans les endroits où l'on n'a procédé à aucun ensemencement et où la reconstitution de la végétation s'est effectuée naturellement la couverture végétale la plus commune a été constituée de prêles, saules, épilobes, carex, roseaux, fraisiers sauvages, vesce sauvage et mélilot.

La reconstitution de la flore, sur les zones de sables bitumineux devant être exploités en surface, présente des problèmes particuliers car les résidus sablonneux sont presque dénués d'éléments nutritifs et n'ont qu'une très faible capacité de rétention d'eau. La structure lâche et à grains séparés des sables signifie qu'ils sont fortement sujet à l'érosion par les eaux et les vents et qu'une couverture végétale est indispensable pour empêcher cette érosion. L'application d'engrais peut compenser la faible fertilité du sol, mais une couverture végétale est néanmoins nécessaire pour permettre le recyclage des éléments nutritifs et garder au sol de surface une densité suffisante lui permettant d'éviter l'érosion. Des expériences ont été faites par la Great Canadian Oil Sands Limited (Massey, 1972) et par Environment Canada (Lesko, 1974) : elles ont indiqué qu'un ensemencement de sables de rebut non traités avec des espèces commerciales d'herbes fourragères n'avait pas réussi à produire une couche de terre efficace, même en ajoutant des engrais. Etant donné qu'il fallait augmenter la capacité du sable à retenir l'eau, on a mélangé de la tourbe à la couche supérieure des résidus sablonneux, sur une épaisseur de 6 pouces. Le creusement de fossés avant l'ensemencement s'est également révélé un procédé efficace pour aider à l'implantation des graminées. Quelques espèces de plantes locales, par exemple la glycérie (*Hierockloe odorata*) ou le roseau de Houghton (*Carex houghtonii*) peuvent s'implanter sur des sables résiduels sans traitement particulier.

En 1974, Lesko a établi qu'après deux saisons de croissance, les espèces suivantes de graminées avaient réussi à s'implanter sans assistance : chiendent huppé (*Agropyron cristatum*), chiendent velu (*Agropyron trichophorum*), chiendent tenu (*Agropyron latiglume*), chiendent des berges (*Agropyron riparium*), brome lisse, Agrostis blanc (*Agrostis alba*) et fléole. Cependant on ne sait pas pendant combien de temps ces espèces réussiront à se maintenir. La Great Canadian Oil Sands a réussi à faire pousser de bonnes planches de graminées et de légumineuses agronomiques en employant un semoir "Brillion", et en mélangeant les semences avec de la tourbe dans le résidu sablonneux (Massey, 1972). Pour obtenir des résultats encore plus uniformes cette méthode a été préférée à celle de l'hydro-ensemencement.

On a réalisé des essais en pots afin de mesurer la réaction des espèces aux différentes sortes de sols et leur temps de germination. Les résultats ont indiqué que dans certains cas le genre de sol avait de

Syncrude Canada, Limited, 1975

l'influence sur le temps requis pour obtenir la germination et que les différences écotypiques des réactions au sein d'une même espèce étaient absolument prouvées. On donne deux exemples le premier celui de l'Alopecurus (vulpin) qui a parfaitement bien poussé dans la boue tourbeuse mais assez mal dans les résidus sablonneux ou le sable bitumineux. Par contre l'*Agropyron trachycaulum* a poussé également bien dans les pots d'expérience contenant toutes les sortes de sol indiquées. Cette dernière espèce peut donc être extrêmement précieuse dans les régions de sables bitumineux. Cependant la démonstration des différences écotypiques au sein même des espèces montre l'importance qu'il y a à choisir les espèces exactes correspondant à la récupération de terres, et à l'intérieur de ces espèces les meilleurs variétés adaptables à la zone particulièrement concernée.

On réalise à l'heure actuelle un programme de production de graines de semences portant tout à la fois sur les espèces locales et sur les espèces agronomiques. La réaction des plantes et leur convenance seront déterminées d'après les effets d'un environnement donné sur leur résistance à la maladie ainsi que sur la qualité et la quantité de graines de semences qu'elles produiront. Des méthodes sûres pour manier et faire pousser ces semences doivent encore être fixées et les programmes de production seront établis pour des espèces soigneusement sélectionnées.

Un lexique de 22 termes est fourni à la fin du rapport. Il comprend une nette distinction entre les termes de récupération, régénération et restauration des terres. La récupération est définie comme le retour d'un site perturbé aux conditions dans lesquelles les organismes originaux ou des organismes semblables pourront habiter l'endroit. La régénération signifie que la terre est retournée à un état écologique stable en fonction d'un plan d'utilisation qui empêchera toute détérioration ultérieure de l'environnement. La restauration, elle, signifie que toutes les conditions y compris la topographie seront remises dans l'état où elle étaient avant que n'intervienne la perturbation. La reconstitution de la flore consiste à assurer une couverture végétale à un site perturbé

1. TAYLOR, K.

2. 1976

3. Environmental alteration and natural revegetation at Discovery Mine, Northwest Territories, Canada.

   (Modifications de l'environnement et reconstitution naturelle de la végétation sur la mine Discovery, Territoires du Nord-Ouest, Canada).

4. Université de l'Alberta, Edmonton. Thèse de M.Sc. 130 p.

5. Original

6. a. District de Mackenzie; taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, toundra continentale, Yukon méridional; morts-terrains, résidus

7. Après examen attentif de la mine Discovery située dans les Territroies du Nord-Ouest, par 63 10 N et 113 50 W, la conclusion de la thèse est que la reconstitution naturelle de la flore est un processus lent, exigeant un certain degré d'assistance lorsque l'on veut implanter cette flore sur des résidus et des déchets miniers. Le degré d'assistance requis dépend du temps imparti pour atteindre un niveau déterminé de reconstitution.

Relativement bon marché, la reconstitution non-assistée à long terme (plus de 30 ans) peut paraître souhaitable pour les lieux d'exploitation très éloignés dans le Nord. Dans la réalité, elle est cependant impraticable en raison des délais imposés par la nature pour aboutir à un équilibre face aux multiples formes d'érosion, avant que puisse commencer la colonisation végétale. On doit procéder à une planification à court terme (jusqu'à 10 ans) et à moyen terme (jusqu'à 30 ans) si l'on désire protéger les zones industrielles puisque les régions nordiques sont aujourd'hui de plus en plu accessibles au public.

L'estimation de la situation sur la mine Discovery a montré que la reconstitution de la flore ne se produira pas dans le court terme et ne sera pas effective à moyen terme sinon sur certains endroits favorables. Pour atteindre les objectifs, il est nécessaire de dresser un plan comprenant une évaluation annuelle des progrès réalisés. Bien que toute opération d'exploitation des terres du Territoire du Nord-Ouest soit, depuis 1976, soumise à des procédures de révision et d'inspection, l'auteur estime qu'on doit s'occuper davantage de l'impact du contrôle et de la planification de la récupération des terres. Par exemple, selon lui, les plans devraient montrer quelle forme prendra la récupération finale et quelles seront les mesures prises pendant l'exécution du projet pour en faciliter la réalisation.

Taylor, K., 1976

Pour stimuler la reconstitution de la flore sur les résidus de la mine Discovery, il suggère plusieurs mesures : 1) Il faut procéder à des expériences de reconstitution de végétation (espèces et méthodes) pendant que la mine est en exploitation afin de déterminer les composants toxiques, les niveaux optima et minima d'éléments nutritifs, les besoins d'irrigation s'il en existe, et la nécessité d'abris; 2) il faut utiliser les fondrières ou autres dépressions naturelles en les emplissant de résidus afin de réduire les problèmes de la sécheresse sur les résidus qu'il faudra recouvrir de végétation par la suite; 3) Là où la chose est possible il convient de diminuer l'épaisseur des décharges de résidus et interdire qu'elle dépasse 50cm afin de permettre aux espèces végétales colonisatrices de s'enraciner dans la couche de matières organiques ensevelies sous ces résidus; 4) Il faut rendre les débris organiques disponibles à intervalles réguliers en repoussant par bulldozers la végétation actuelle dans des andains avant que les résidus ne soient déposés par dessus; 5) Il faut déposer des produits organiques tels que paille, broussailles ou tourbe sur la surface de résidus de manière à assurer : stabilité de la surface, éléments nutritifs, abri et humidité; enfin il convient d'utiliser, chaque fois que possible, les eaux usées pour assurer une fertilisation efficace et stabiliser la surface.

Plusieurs espèces végétales ayant colonisé les résidus de la mine Discovery ont été remarquées pour leur capacité à assurer une reconstitution naturelle de la flore : l'*Eriophorum angustifolium* et le *Carex aquatilis*, adaptés aux endroits humides; l'*Epilobium angustifolium* et l'*Hordeum jubatum* dans des endroits secs et exposés, enfin les arbustes des espèces *Salix*, *Betula* et *Alnus crispa*.

En résumé, les composants délicats des programmes de récupération des terres nordiques sont : prévision, connaissance et compréhension de l'environnement local, et enfin bonne volonté de travailler en acceptant les contraintes de cet environnement.

6)

1. TAYLOR, K.G. et D. GILL

2. 1974

3. Environmental alteration and natural revegetation at a mine site in the Northwest Territories, Canada.

   (Détérioration de l'environnement et reconstitution naturelle de la flore sur un site minier des Territoires du Nord-Ouest, Canada).

4. In : J. Tomlison, Editeur. Travaux de la Conférence internationale des terres pour la gestion des déchets. Ministère de l'Environnement et Conseil national de la Recherche, Ottawa, p. 16-25.

5. Original

6. a. District du Mackenzie; taïga canadienne

   b. Sud-ouest Mackenzie, Mackenzie central, toundra continentale, Yukon méridional; Morts-terrains, résidus miniers.

7. La reconstitution de la végétation sur les résidus de la mine d'or de Discovery à 84 kilomètres au Nord-Ouest de Yellowknife, est inégale et limitée aux zones où l'épaisseur des résidus est suffisamment faible (de 30 à 40 cm) pour permettre aux racines végétales de pénétrer dans l'ancienne terre de surface où des formes de matières organiques quelconques (déjections d'animaux, ordures, bois pourri et cendres de feux de camp) ont fourni une assiette à une végétation colonisatrice. Les premières espèces à s'être implantées sont : l'orge vulgaire (*Hordeum Jubatum*), l'épilobe (*Epilobium Angustifolium*) et la graminée des fondrières (*Beckmannia syzigachne*) dans les zones où des matières organiques avaient été ajoutées. Ces mêmes expèces, plus les *Equisetum arvense, Equisetum fluviatile, Equisetum sylvaticum, Eriophorum augustifolium,* et *Carex aquatilis* sont les premières dans les zones de résidus superficiels. La plupart de ces espèces se reproduisent par tiges rampantes enracinées. Des arbustes d'aulne (*Alnus crispa*), de saule (*Salix* spp.) et de bouleau (*Betula papyrifera*) sont également présents, ordinairement dans les zones qui s'étendent entre les décharges de résidus et les zones non perturbées. Là où les résidus n'ont que quelques centimètres d'épaisseur, des lichens, quelques mousses et du thé du Labrador poussent sur le sommet de monticules, alors que des lins des marais, des prêles et des carex poussent dans les dépressions.

Il semble exister peu de différence dans le taux de reconstitution naturelle de la végétation selon les différents endroits où ont été déchargés les résidus miniers, quelle que soit l'ancienneté de la décharge. Les prêles, épilobes et lins des marais ont poussé dans une ravine où des résidus avaient été déchargés deux ans auparavant, tandis que d'autres résidus restaient stériles.

Taylor, K.G. et D. Gill, 1974

Voici quels sont les facteurs qui influencent et limitent la reconstitution naturelle de la végétation sur les résidus miniers : 1) modification du micro-habitat dans la mesure où elle empêche la repousse des espèces originelles adaptées aux marécages; (2) accès aux matières organiques soit en surface soit enterrées; (3) acidité du sol et toxicité métallique associées (certains échantillons de résidus avaient un pH aussi faible que 3 avec des taux inacceptables de métaux toxiques tels que de l'aluminium ou du manganèse); (4) la sécheresse; (5) la formation d'une croûte de surface qui limite l'implantation végétale et (6) l'instabilité des quelques centimètres du sol de surface érodé par le vent ou par l'eau.

Quatre mesures destinées à aider la reconstitution naturelle de la végétation sur les résidus miniers sont suggérées : (1) organisation d'un plan de décharge des résidus afin de créer des zones ordonnées de dépôts permettant l'instauration d'un équilibre favorable à l'implantation de la végétation; (2) utilisation de fossés permanents ou de creux et de bassins naturels afin d'empêcher l'érosion et l'instabilité des résidus; (3) addition planifiée de matières organiques par formation d'andains végétaux au moyen de bulldozers avant le dépôt des résidus miniers (en limitant l'épaisseur des résidus à 30cm); dépôt de matières organiques telles que paille, broussailes, ou tourbe à la surface ou utilisation d'eaux usées pour servir d'engrais et assurer une stabilisation de la surface; enfin (4) création de parcelles d'essai pendant l'exploitation minière afin de déterminer les seuils des taux d'acidité et d'éléments nutritifs ainsi que les modifications physiques et chimiques auxquelles on peut s'attendre au cours du processus de dégradation.

1. THIRGOCD, J.V.

2. 1972

3. Planning the reclamation project.

   (Planification d'un projet de récupération des terres).

4. In : gestion de l'environnement - le cas des mines. La récupération des terres perturbées, Centre d'Éducation permanente, Université de Colombie-Britannique, Vancouver C.B. 8 p.

5. Original

6. a. Colombie-Britannique; Régions cotières et de l'intérieur; Montagnes Rocheuses

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; Morts-terrains.

7. L'auteur définit la récupération des terres comme la restauration d'un paysage fertile et agréable à la vue dans le but de le consacrer dans l'avenir à la forêt, aux pâturages, à l'agriculture, à la vie sauvage, à des espaces de jeux de plein air ou nautiques. Cette conception signifie que les déchets rocheux doivent être reconnus comme constituant le squelette du sol dont dépendra l'utilisation ultérieure des terrains et que la plus grande part de la réussite de la récupération dépend de la manière dont les opérations minières d'extraction seront menées.

Une planification adéquate et la fixation de lignes directrices bien adaptées pour un processus efficace de récupération peuvent réduire les effets nuisibles de l'exploitation minière ainsi que les dépenses de temps, d'efforts et d'argent. Toute récupération de terres comprend trois phases distinctes : (1) planification préalable de l'utilisation du terrain, comprenant un inventaire des ressources terrestres et hydrauliques avant le début de l'exploitation minière; (2) travaux sur le terrain pour réaliser une topographie convenable; (3) reconstitution naturelle ou assistée de la végétation et gestion subséquente des terres récupérées.

Au sein d'une région climatique donnée, la réussite d'une récupération de terres est déterminée par les éléments suivants : la formation géologique (valeur des différents strates en fonction de la croissance des végétaux); la technologie minière (en particulier décharges des déchets et restauration de la surface); les méthodes d'amélioration en vue de l'usage ultérieur du terrain (ceci comprenant la reconstitution de la flore et les espèces implantées), enfin la valeur de la gestion ultérieure du terrain. De tous ces éléments, un seul échappe au contrôle humain : les formations géologiques.

Thirgood, J.V., 1972

Dans une forte mesure, le potentiel d'utilisation définitive d'un terrain et sa valeur esthétique sont fonction de la configuration, de la structure, de la texture des propriétés hydrologiques et de l'aptitude à la croissance végétale de la surface de ce terrain. La phase purement physique de la récupération est fondamentalement un problème d'ingénierie et la planification de la répartition des déchets miniers est importante si l'on veut réduire les travaux ultérieurs de remodelage et de remaniement. L'entassement sous forme de haldes signifie double manipulation des résidus miniers tandis que leur dépôt immédiat sur leur emplacement définitif est une méthode préférable pourvu que l'on écarte les matériaux ne convenant pas à une implantation de la végétation. Il convient d'ensevelir les matériaux stériles ou toxiques et la planification doit prévoir un emplacement spécial pour la terre de surface.

La réussite d'une récupération de terres est déterminée par les progrès accomplis vers l'objectif définitif et non par la réussite d'une culture première, accompagnée peut-être d'une forte fertilisation par engrais. Ce qui compte dans une récupération, c'est la productivité permanente du site récupéré et reconstituté et il se peut fort bien que l'on se dirige vers une autre forme d'utilisation du terrain que celle existant avant son exploitation minière. L'un des avantages des travaux miniers est qu'ils peuvent augmenter la surface des terrains consacrés à l'agrément du public, mais ceci doit être soigneusement pesé face aux inconvénients que présente l'accès du public à des régions de vie sauvage fragile.

1. THIRGOOD, J.V.

2. 1976

3. Reclamation research at a mine site in north coastal British Columbia - a five-year progress report.

   (Recherches sur la récupération de terres dans un site minier de la région côtière nord de la Colombie-Britannique. Rapport portant sur cinq années).

4. In : compte rendu de la séance inaugurale de l'Association canadienne pour la mise en valeur des terres, section scientifique des cultures, Collège agricole de l'Ontario, Université de Guelph, Guelph, Ontario, p. 47-57

5. Original

6. a. Colombie-Britannique; région de l'intérieur

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains.

7. La régénération de terrains sur la mine de molybdène de Kitsault dans la région côtière septentrionale de la Colombie-Britannique, (par 50° 24 de latitude Nord et 129° 25 de longitude Ouest) en est encore aux phases initiales, mais plusieurs aperçus sont ici mentionnés. Un facteur clé réside dans la constitution accidentée et montagneuse du pays et dans le climat côtier typique marqué par de fortes précipitations pluvieuses bien réparties tout au long de l'année.

La mine a été exploitée de 1967 à 1972, et par la suite une période d'inactivité a permis un certain nombre d'observations sur les possibilités de reconstitution naturelle de la végétation. Il est certain que beaucoup de zones très perturbées de cette région côtière verront se reconstituer naturellement leur végétation. On espère également que les processus naturels assureront la reprise naturelle sur les éboulements rocheux naturels. Sur une zone réservée en 1972 pour une étude à long terme, une seule pousse d'ivraie vivace (*Lolium perenne*), une parcelle de mousses, un petit groupe de *Rubus* spp. et un pied d'*Epilobium* ont constitué la totalité de la nouvelle végétation. On en déduit que la reconstitution de la flore sera mieux effectuée en procédant à la rectification des pentes qu'en essayant de planter sur des pentes abruptes non modifiées.

Dans les ensemencements d'essai commencés en 1970 et évalués en 1974 des différences notables sont apparues entre les différents mélanges de semences en matière de rapidité d'implantation, de survivance et de production totale du feuillage. Dans cette zone expérimentale les

Thirgood, J.V., 1976

mélanges de graminées commerciales peuvent réussir à pousser sur des rocailles non dégradées pour peu que l'on y ajoute de l'engrais ou des éléments organiques. Des applications d'engrais et de tourbe effectuées séparément donnent de bien meilleurs résultats que lorsqu'on les applique ensemble. Les éléments organiques ne sont pas absolument nécessaires pour réussir un ensemencement. Les mélanges de semences dans lesquels on incorpore des graines de légumineuses donnent de meilleurs résultats que ceux sans légumineuses. Le lotier pied-d'oiseau, qui pousse après un démarrage assez lent, a eu une influence favorable sur les cultures de graminées. Une accumulation appréciable de matières organiques s'est produite pendant la première année sur une parcelle entièrement semée de graminées.

L'auteur émet l'idée que les avantages à long terme de la reconstitution de la flore peuvent être liés à l'organisation de conditions permettant le retour au stade antérieur des générations naturelles d'implantation végétale plutôt qu'à l'implantation d'une prairie de graminées.

Une plantation d'arbres à racines nues effectuée directement en 1970 dans des roches de rejets a montré que le pin de Murray était, en toutes circonstances, l'espèce ligneuse la plus vigoureuse. Les autres espèces : sapin du Canada, sapin amabilis et sapinette - ont manqué de vigueur et étaient chlorotiques. Ces essais ont également confirmé combien il était souhaitable de planter des arbres, et spécialement du pin de Murray, en même temps que des espèces végétales fixatrices d'azote.

Une nouvelle invasion d'aulnes, de saules et de sapins s'est produite dans le site urbain de Kitsault. La croissance est rapide et il n'est besoin que d'un traitement minime pour remettre en valeur la zone qui a pourtant été entièrement dépouillée de sa végétation originelle. Une situation assez semblable existe à Anyox, à 20 milles de Kitsault, où les fumées des fonderies (qui ne sont arrêtées en 1935), puis un incendie ultérieur avaient complètement détruit la végétation.

1. THIRGOOD, J.V. et M.D. MEAGHER

2. 1972

3. Progress in reclamation research by mining companies in British Columbia during 1971.

   (Avancement de la recherche sur la récupération de sols effectuée pendant l'année 1971 par des companies minières en Colombie-Britannique).

4. The Forestry Chronicle 48 : 308-311

5. Original

6. a. Colombie-Britannique : Région côtière, région intérieure, Montagnes Rocheuses.

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; Morts-terrains.

7. Cette étude sur l'avancement de la récupération des sols en Colombie-Britannique a été basée sur l'examen de 28 rapports soumis au Ministre des Mines et des ressources pétrolières de la Colombie-Britannique par les compagnies minières en vertu de la loi de 1969 sur la réglementation des mines et de la Loi de 1969 sur la réglementation des mines de charbon.

Les auteurs ont analysé différentes approches relatives à la préparation du sol, à la reconstitution de la flore, à la fertilisation, aux méthodes d'ensemencement, aux traitements subséquents, à l'organisation des travaux et aux prix de revient. Les domaines suivants ont été cités comme posant des problèmes permanents : (1) un manque de connaissance des processus, tel que l'emploi d'engrais avant que la reconstitution de la végétation soit tentée; (2) dans certaines circonstances on ne peut conserver une couverture végétale qu'en recourant lourdement et fréquemment à des engrais alors qu'il y a filtration, ce qui rend l'opération parfaitement vaine; (3) jusqu'à quel point, le principe de compatibilité - selon lequel le terrain récupéré doit venir compléter sous la même forme les terrains environnants - doit-il être appliqué? Cette question se pose à l'occasion de la mise en place d'une couverture d'herbes au lieu d'une plantation d'arbres lors de la récupération de zones forestières; (4) l'approvisionnement en plantes et l'obtention de semences adaptées représente un problème permanent insoluble au niveau d'une simple compagnie, et souligne la nécessité d'une activité industrielle officielle ou coopérative; (5) les arbustes sont souvent négligés pour régénérer les sites, partiellement parce qu'on connaît trop peu de choses sur les caractéristiques de leur croissance, leurs exigences et le traitement de leurs semences, par exemple la scarification; (6) des résultats plus valables pourraient être obtenus au moyen

d'essais effectués sur place si ces essais étaient conçus et reproduits pour permettre une estimation plus raffinée des différents effets et actions réciproques. L'exemple donné est celui de la détermination des niveaux phytotoxiques d'un métal sur des échantillons de feuilles dans les régions où la végétation a été reconstituée pour que la faune sauvage y trouve sa subsistance.

Les prix cités dans l'enquête présentent des différences considérables. Le chiffre modal était de $180 à $200 par acre en 1971 lorsqu'on devait assurer la préparation du sol, la fertilisation, l'ensemencement, l'inspection et une nouvelle application d'engrais. Une société qui entretient un groupe de spécialistes de la récupération des terres a, pour cette même année 1971, résumé les prix, comme suit : ensemencement manuel : $22 à $32/acre - hydro-ensemencement de talus de routes : $120/acre - repiquage de jeunes plants d'arbres : $180 à $250/acre - remodelage du paysage (nivelage à la machine et préparation du sol, repiquage d'arbres, semis de graminées et fertilisation) : $167 à $215/acre.

De nombreuses compagnies sont intéressées par la "verdure instantanée"; et très peu seulement se sont penchées sur les utilisations à long terme des terrains après leur exploitation minière. Les auteurs estiment qu'il s'agit là d'une carence majeure en matière de planification de la récupération.

Quant aux mélanges de semences, ils vont des formules "standard" d'herbes pour champs et pâturages, qui ont été employées dans beaucoup de situations d'environnement, jusqu'aux mélanges réalisés "sur mesure" pour des endroits précis.

1. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DES ÉTATS-UNIS, SERVICE DE LA CONSERVATION DES SOLS.

2. 1972

3. A vegetative guide for Alaska.

(Guide de la végétation en Alaska).

4. Ministère de l'Agriculture des É.-U., Portland, Oregon, M7-7-22612. 50 p.

5. Original, avec citations.

6. a. Alaska : région côtière sud, taïga de l'Alaska du sud, taïga de l'Alaska central, toundra de l'Alaska.

b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; Morst-terrains, routes, résidus.

7. Ce guide, qui est une édition révisée d'un bulletin antérieur intitulé *Grasses for Alaska* (1970) offre une source commune de renseignements sur les procédures de plantation et de gestion adoptées en Alaska pour la production de fourrage et la reconstitution de la végétation sur des terrains altérés. Il est le résultat d'un travail d'équipe exécuté par diverses agences et institutions de l'Alaska afin de présenter une approche unique à la gamme étendue de situations qu'on trouve dans cet État. On envisage des mises à jour périodiques de l'ouvrage, sitôt que de nouveaux renseignements seront disponibles.

Le guide est divisé en six sections principales : Introduction-culture et gestion pour l'implantation de graminées et de légumineuses - groupes de sites et de sols - conseils pour l'ensemencement - ensemencement de pelouses et prairies - couvertures de sols par espèces ligneuses et herbacées.

La section consacrée aux graminées et légumineuses donne les grandes lignes des renseignements fondamentaux et mesures à prendre pour reconstituer la végétation d'une région et nous la reproduisons intégralement ci-après telle qu'elle figure dans le guide.

1. Sols : Les 12 pouces supérieurs du sol doivent être constitués d'un matériau gras et susceptible de retenir au moins $\frac{3}{4}$ de pouce d'eau pour permettre l'implantation d'une bonne couverture végétale. Le sol doit être suffisamment poreux pour faciliter la pénétration des racines et labourable pour la préparation d'un bon lit de semis. Sur des chantiers de construction tels que : routes, aéroports, etc. le sol de surface a fréquemment été enlevé. Si l'on désire obtenir une bonne prairie, il peut être nécessaire de remettre en place ce sol de surface. Là où il aura été totalement enlevé, il faudra rajouter au moins 4 pouces d'épaisseur de terre grasse avant tout ensemencement.

Ministère de l'Agriculture des États-Unis, Service de la conservation des sols, 1972

2. Préparation du lit de semis : Une préparation convenable du lit de semis est un facteur important pour obtenir une belle prairie. Dans de nombreux endroits l'incorporation de végétaux morts et de matières organiques au cours d'un labourage intensif est indispensable pour former un lit de semis satisfaisant. Après labourage et passage au rouleau, le lit de semis doit être bien ferme.

L'empreinte des pas doit être à peine visible après qu'on ait marché sur la terre. Le sol doit être débarrassé des mauvaises herbes et humide. Lorsque le lit de semis est ainsi bien préparé la quantité de semences exigée sera moindre et les chances de succès des plantations seront plus grandes. Sur les terres en pentes fortes ou sur des chantiers de construction où l'on ne peut employer de motoculteurs pour préparer le sol, celui-ci peut rester non dégrossi. Les pentes seront préparées aussi bien que possible et défrichées au moyen d'outils de construction de telle sorte que les semences jetées à la volée puissent avoir une chance de rester en place suffisamment longtemps pour germer et produire une couverture.

3. Spécifications des semences : Chaque fois que possible il convient d'employer des semences garanties. On doit procéder à des essais de germination et de pureté afin de déterminer quels sont les taux d'ensemencement convenables pour chaque variété de graminée ou de légumineuse. Les légumineuses doivent être scarifiées si nécessaire et inoculées avant le semis avec la race de bactéries fixatrices d'azote qui convient. N'employer que des espèces nordiques de graminées et légumineuses.

4. Époque des semis : Pour obtenir les meilleurs résultats, les semis doivent s'effectuer du 15 mai au 15 juin. Des semis peuvent réussir plus tard dans l'été, mais les graminées et les légumineuses ne doivent pas être semées après le 10 août si l'on veut éviter qu'elles ne soient tuées pendant l'hiver. L'ivraie annuelle ou les céréales peuvent être semées jusqu'au 1er septembre si l'on veut assurer une couverture temporaire destinée à réduire l'érosion. Au printemps suivant le terrain devra être ensemencé avec des graminées vivaces.

5. Méthodes d'ensemencement

a. Semis en lignes - le semis en ligne des herbes est la meilleure méthode d'ensemencement sur les terrains presque plats ou en pente, mais la méthode préférable dépendra en fin de compte du degré de la pente et des conditions du terrain à planter. Les très petites graines de semence ne devront pas être enterrées à plus de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ pouce. Un rouleau devra être tiré derrière la semeuse à moins que l'engin ne soit déjà une combinaison des deux outils. Sur les pentes fortes où l'on ne peut semer en sillons, la méthode d'hydro-semis sera préférée.

Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis, Service de la conservation des sols, 1972

Lorsqu'on répand les semences, les engrais ou les produits de paillage au moyen d'une hydro-semeuse, il convient de ne pas employer plus de 100 à 150 livres de produits solides par 100 gallons d'eau. Il est mieux de répandre en premier les graines, ou les graines mélangées à l'engrais, afin d'assurer un bon contact de la graine avec le sol, et de n'étendre qu'ensuite le paillis. L'engrais peut être ajouté à l'eau boueuse du moment que ce produit est épandu rapidement après le mélange, de préférance lorsque le sol est déjà humide.

b. Hydro-semis - Opération d'hydro-ensemencement (réservoir de 1 000 gallons)

(1) Ensemencement (pour 2 acres) : Graines, 40 à 100 livres
Engrais, 800 à 1 200 livres
Eau, 1 000 gallons

(2) Paillage (pour ½ acre) : Paillis fibreux, 500/600 livres
Eau, 1 000 gallons.

S'il est nécessaire de semer, fertiliser et pailler en une seule opération, chaque charge de 1 000 gallons doit couvrir 1/3 d'acre, et le mélange dans chaque charge doit comporter :

Graines, 7 à 17 livres
Engrais, 135 à 200 livres
Paillis, 333 à 400 livres
Eau, 1 000 gallons.

On doit prendre la précaution de verser en premier les graines de semence et l'engrais et de les mélanger très soigneusement dans le réservoir rempli d'eau au moins au tiers, avant d'y ajouter le paillis.

c. Semailles à la volée : si l'on emploie cette méthode d'ensemencement, les quantités de graines devront être le double de celles recommandées pour le semis en sillons.

d. Repiquage : le repiquage, (c'est-à-dire planter un pied, une racine ou une pousse de plante) et le gazonnage (recouvrir avec des plaques de gazon) constituent des méthodes spéciales qui sont coûteuses mais indispensables pour certaines graminées. Dans certaines situations difficiles, le gazonnage et le repiquage peuvent se révéler préférables à l'ensemencement.

6. Fertilisation : l'application d'engrais est importante pour assurer une bonne croissance des graminées. Pour obtenir les meilleurs résultats, on doit procéder à des applications annuelles.

Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis, Service de la conservation des sols, 1972

Les conseils généraux concernant les engrais recommandent : 60 livres de N (azote) - 60 livres de P_2O_5 (phosphate) - 60 livres de K_2O (potasse) par acre la première année, avec application d'entretien de 30 - 60 - 30 chaque année suivante sur les anciens chantiers de construction. Sur les prairies, employer 60 - 60 - 60 la première année et 120 - 60 - 60 chaque année suivante. Là où des services d'analyses des sols sont disponibles, l'application d'engrais doit être basée sur les résultats des analyses. Voici quelques combinaisons possibles d'engrais qu'on trouve dans le commerce, destinées à procurer les quantités indiquées de N, P et K.

60 - 60 - 60 : 300 lb de 10 - 20 - 20, plus 100 lb de 33 - 0 - 0, ou
300 lb de 10 - 20 - 10 plus 100 lb de 33 - 0 - 0 + 50 lb 0 - 0 - 60

120 - 60 - 60 : 300 lb de 10 - 20 - 20 plus 300 lb de 33 - 0 - 0 ou
300 lb de 10 - 20 - 10 + 300 lb de 33 - 0 - 0 + 50 lb de 0 - 0 - 60

30 - 60 - 30 : 300 lb de 10 - 20 - 10

quantité d'autres combinaisons sont possibles. Pour obtenir les meilleurs résultats au minimum la moitié de l'azote ajoutée doit être sous forme de nitrate. L'urée n'est généralement pas recommandée en raison de sa faible disponibilité dans les sols de l'Alaska.

7. Entretien : Les semences de graminées doivent être gardées dans l'humidité après les semailles et jusqu'à ce que les plantes aient atteint la hauteur de 1 à 2 pouces. Si possible, de l'eau supplémentaire doit être apportée, particulièrement si une période de sécheresse intervient tandis que l'herbe commence à pousser. Les zones plantées autrement qu'en prairies doivent être fauchées pour donner du fourrage ou du foin à ensiler si la situation justifie une fenaison. Les terrains difficiles peuvent exiger qu'on installe des systèmes d'arrosage, qu'on procède à des réensemencements ou gazonnages et à des applications d'entretien de paillis et d'engrais.

8. Paillage : Le paillage est important lors de l'implantation d'une végétation sur des terrains escarpés ou sur des zones difficiles. Une couverture de paillis aide à conserver l'humidité, protège le sol contre l'érosion, maintient les semences en place et rend la température du sol plus constante. Le paillis peut être étendu soit mécaniquement, soit manuellement, après l'ensemencement. Les espèces de paillis les plus courantes employées dans les régions difficiles sont : le foin, la petite paille, la paille bituminée, la fibre de bois, les litières, les sphaignes, les nattes de jute et sable. La paille de graminées ou le foin de chiendent local, fauchés lorsque le grain est presque à maturité contiennent souvent des grains viables et forment un excellent paillis. Une partie du sol nu doit toujours rester visible à travers le paillis. Le paillage est nécessaire dans les zones escarpées et difficiles mais il est coûteux et pas toujours indispensable pour l'implantation des graminées sur les terrains favorables. Des applications trop précoces au printepms peuvent retarder le rythme de l'échauffement du sol.

Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis, Service de la conservation des sols, 1972

9. Semences annuelles : L'ivraie annuelle (*Lolium multiflorum*) est recommandée pour une prise rapide sur des zones brûlées ou difficiles afin d'en contrôler l'érosion. Les semis au taux de 10 à 25 livres par acre doivent être faits avant le ler août si l'on veut obtenir les meilleurs résultats. Prévoir de semer au printemps suivant les espèces vivaces. L'ivraie annuelle est également recommandée pour être semée en mélange avec des graminées vivaces si l'on veut contrôler l'érosion jusqu'à ce que les espèces vivaces se soient définitivement implantées.

La section III du guide décrit six groupes de sols et de terrains en Alaska. Chaque groupe est identifié en fonction de la texture du sol, de l'écoulement naturel des eaux et de la profondeur des substrats qui limitent les racines de nombreuses plantes. De plus pour chaque groupe on trouve l'indication de la principale limitation du sol, la classification au point de vue ingénierie et la capacité de rétention de l'eau disponible. Voici quels sont ces groupes de sol :

Groupe 1 : Sols et sites comportant peu de limitations.

Groupe 2 : Sols et sites comportant des limitations due à une faible capacité de rétention d'eau.

Groupe 3 : Sols et sites comportant de graves limitations dues à une très faible capacité de rétention d'eau ou à des pentes escarpées.

Groupe 4 : Sols et sites comportant des limitations modérées dues à une humidité excessive.

Groupe 5 : Sols et sites comportant de graves limitations dues à une humidité excessive.

Groupe 6 : Sols et sites constitués de tourbe humide.

Dans la section IV, les recommandations en matière de semences et d'engrais sont indiquées sur une carte qui montre les régions climatiques différentes. Lorsque le groupe de sol dans une région géographico-climatique est déterminé, les recommandations sur les semences et les engrais sont indiquées au moyen d'un tableau figurant dans le livre. Chaque région climatique est divisée en fonction des six groupes de sols, avec la liste correspondante des différents mélanges convenant à la reconstitution de la flore dans les sites fortement soumis à l'érosion ou gravement perturbés, avec indication des espèces recommandées pour la création de prairies. Etant donné le nombre de détails figurant sur ces tableaux nous recommandons à toute personne intéressée par les problèmes de reconstitution de la végétation de se procurer une copie de l'ouvrage.

Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis, Service de la conservation des sols, 1972

Dans le cas de la région arctique, où l'on ne peut obtenir aucune semence d'espèces locales, il est recommandé de reconstituer la végétation des terrains fortement érodés ou perturbés en répandant des lins des marais fraîchement coupés, du carex ou d'autres herbes originaires de la toundra. Toutes ces semences doivent être bien tassées et fertilisées en suivant les indications fournies par les analyses du sol.

Quant aux recommandations données pour les régions intérieures de l'Alaska pour des sites fortement érodés ou perturbés, nous en choisirons deux exemples :

Groupe 3 : Sols et sites comportant de grandes limitations dues à une très faible capacité de rétention d'eau ou à des pentes escarpées. Ces sols sont bien ou excessivement drainés, très superficiels ou escarpés, arides et comprennent des anciens chantiers de construction, des tranchées routières et des remblais, ainsi que des terrains perturbés et rendus compacts. Les sols superficiels possèdent moins de 10 pouces de matériaux gras au-dessus de graviers, sables ou lit rocheux. La capacité de rétention d'eau est inférieure à trois pouces. Sur les sols profonds, par exemple fortement boueux, le risque d'érosion est élevé.

Mélanges ou espèces par ordre de préférence	Nom de variété par ordre de préférence	Taux de semis en ligne lb/par acre
1. Brome doux	Polar ou Manchar	8 ou 15
Fétuque dure	Dular	5
2. Chiendent huppé	Nordan	5
Fétuque dure	Dular	5
3. Chiendent des berges	Sodar	15
4. Brome doux	Polar ou Manchar	15 ou 10

Du trèfle jaune et du mélilot peuvent être ajoutés à ces mélanges, à raison de 5 lb par acre.

Groupe 5 : Sols et sites comportant de graves limitations dues à une humidité excessive. Ils représentent une vaste gamme de sols généralement détrempés pendant toute la saison de croissance, en raison de matières lentement perméables, d'une couche de pergélisol élevée et d'une infiltration ou d'un écoulement de surface très lents. L'épaisseur de terre dépasse 20 pouces, mais peut comporter jusqu'à 16 pouces de boues de surface.

Ministère de l'Agriculture des États-Unis, Service de la conservation des sols, 1972

Mélanges ou espèces par ordre de préférence	Nom de variété par ordre de préférence	Taux de semis en ligne lb/acre
1. Vulpin rampant	Garrison	10
Pâturin des prés	Nugget ou Merion	5 ou 5
Trèfle blanc rampant ou trèfle hybride	-	3
2. Vulpin rampant	Garrison	10
Trèfle blanc rampant ou trèfle hybride	-	3
3. Fléole	Engmo	6
Pâturin des prés	Nugget ou Merion	5
Trèfle blanc rampant ou trèfle hybride	-	3

Les auteurs indiquent que le pergélisol commun à tous ces sols remontera à la surface lorsque les graminées auront poussé pendant plus de cinq ans.

La section consacrée aux ensemencements pratiqués sur terreau et prairies souligne l'importance d'une préparation convenable d'un lit de semis solide et de l'entretien au moyen d'applications d'engrais et de fenaisons régulières. La section consacrée aux couvertures végétales par espèces ligneuses et herbacées indique qu'à l'heure actuelle un nombre limité de plantes locales ou étrangères sont disponibles sous forme de graines de semences, de pousses et de boutures prêtes à planter. D'ailleurs, il convient d'effectuer encore des recherches pour déterminer quels sont les meilleurs moyens de multuplication et d'utilisation de ces végétaux.

Un premier appendice donne la liste des classifications par valeur des terres de l'Alaska, un second énumère les noms vulgaires et scientifiques des graminées et des légumes, des couvertures végétales herbacées et ligneuses. Un troisième appendice dresse la liste de 16 espèces de graminées en indiquant leurs adaptations aux terrains, leurs caractéristiques et leurs exigences d'entretien. Une liste semblable est consacrée à cinq légumineuse : (luzerne, trèfle, incarnat, trèfle hybride, mélilot et trèfle blanc rampant). Pour donner un seul exemple : le brome doux est bien adapté à une texture modérée du sol, a une bonne résistance à la sécheresse, une tolérance passable à l'humidité et aux inondations. un fort besoin d'engrais, une forte croissance en hauteur et une très faible tolérance à l'acidité. Les variétés recommandées sont la Polar et la Manchar. Le brome doux possède des semences vigoureuses, un potentiel de rendement élevé, une grande longévité, un réseau de racines analogues à celles du gazon, une grande compatibilité, un bon goût comme fourrage, un taux modéré de récupération (après fenaison), une production de graines élevée, une bonne résistance au froid hivernal, il peut être employé de maintes façons et sa hauteur de chaume minimale est de 3 pouces. Des informations similaires sont données pour toutes les autres espèces inscrites sur les tableaux des appendices.

1. VAARTNOU, H.

2. 1974

3. Establishment and survival of groundcover plantings on disturbed areas in Alberta. Progress Report 4. Soils.

   (Implantation et survivance de couvertures végétales dans des zones perturbées de l'Alberta. Rapport 4 : sols).

4. Ministère de l'Agriculture de l'Alberta, Edmonton, Alberta. 14 p.

5. Original

6. a. Alberta : Prairies, taïga canadienne, Montagnes Rocheuse

   b. Sud-ouest Mackenzie, Yukon méridional; Morts-terrains, routes.

7. Dans ce quatrième rapport, la végétation (c'est-à-dire les communautés de plantes et les espèces sélectionnées) est reliée à un groupe de facteurs terriens et de climats et la texture du sol est examinée en détail. Les propriétés des sols soumis à étude comprennent le pH, la conductivité, le sulfate, le calcaire, les matières organiques, le sodium, le potassium, le phosphore et la texture. Des échantillons de terre ont été récoltés sur les bas-côtés des routes et sur les passages d'oléoducs et de lignes à haute-tension de l'Alberta.

Les principales différences observées dans les communautés végétales situées le long des passages soumis à examen étaient liées à l'importance des perturbations créées et à la zone climatique du lieu spécifique. C'est sur le bas-côté des routes qu'on a trouvé les plus fortes perturbations, obligeant à semer des espèces agronomiques qui ont créé des communautés végétales totalement différentes des espèces locales avoisinantes. Les passages d'oléoducs provoquent des perturbations moyennes et les passages de lignes électriques à haute-tension sont les moins perturbés en ce qui concerne la composition des communautés végétales. Dans les régions boisées, le degré de différence engendré par le passage des lignes à haute-tension dépend de la densité des arbres qu'on a dû abattre.

C'est sur les bas-côtés des routes que les sols renferment le plus de calcaire libre; il y en a moins sur le passage des oléoducs, et encore moins sur celui des lignes électriques. La majorité des sols montrent un pH favorable à la croissance végétale, les zones situées le long des routes présentant le pourcentage le plus élevé de sols fortement basiques, conséquence de l'ampleur de la perturbation et de l'enlèvement de la terre de surface. C'est dans les échantillons de sols prélevés sur les bas-côtés des routes qu'ont été trouvés les plus forts

Vaartnou, H., 1974

pourcentages de sodium, et les plus faibles dans les échantillons prélevés sous le passage des lignes à haute-tension. Le contraire est vrai pour les montants minimums (gamme de 1 à 25 ppm). La plus grande proportion d'échantillons prélevés sur les bas-côtés de routes a présenté un faible contenu de matières organiques, résultat direct de la quantité de sous-sol et matériaux originels exposés à l'air libre du fait des excavations et des coupes provoquées par la construction des routes. C'est d'ailleurs également pourquoi ce sont les terrains longeant les routes qui possèdent la plus grande quantité de calcaire libre.

L'idée de lier les communautés végétales aux propriétés du sol est une hypothèse expérimentale. Elle est basée sur des indications selon lesquelles certaines espèces sont plus tolérantes à l'égard d'une gamme importante des caractéristiques de sols citées ci-dessus. Les taux de phosphore indiqués ci-dessous sont recommandés pour les prairies. Ils montrent que la plupart des espèces locales de l'Alberta peuvent s'adapter à un faible taux de phosphore dans le sol. De plus, très peu de sols sont acides. Les espèces plus fréquentes sur les sols basiques que sur les sols neutres comprennent : l'*Agropyrum cristatum*, le *Cirsium arvense* et l'*Hordeum jubatum*. Sur les sols neutres, les espèces communes sont l'*Epilobium angustifolium*, le *Koeleria cristata*, les *Rosa* spp. - Le *Bromus inermis* est plus fréquent sur les sols à fort pH, mais on pense qu'il n'est pas indispensable de recourir à un mélange de semences spécial pour les sols à pH élevé de l'Alberta; celui qui est conçu pour les sols neutres convient parfaitement.

La principale différence entre les communautés végétales apparaît selon que les terres ont ou n'ont pas de chaux libre. On ne trouve aucune tendance d'abondance augmentant ou diminuant de la part des espèces qui soit liée à l'augmentation de la chaux libre. En général, les espèces agronomiques et les mauvaises herbes courantes sur les terrains perturbés augmentent en fonction de la présence de calcaire libre. Par contre les espèces locales semblent décroître lorsque du calcaire libre est présent. La présence de calcaire libre est fortement liée au degré de perturbation mécanique et à l'impact des matériaux de sous-sol et originels. Le manque de réaction des espèces à l'accroissement de calcaire libre laisse à penser que la présence de ce dernier est moins importante que la perturbation mécanique.

Parallèlement à l'augmentation de sodium, trois espèces seulement ont augmenté en abondance : l'*Agropyrum repens*, l'*Hordeum jubatum* et le *Sonchus arvensis*. L'*Agropyron trachycaulon* n'a qu'un léger changement. Certaines espèces, au contraire, ont décru en abondance lorsque augmentait le sodium : (*Bromus inermis*, *Koeleria cristata*, *Medicago sativa*, *Epilobium angustifolium*, *Rosa* spp. et *Vicia* spp.). Les sols à forte teneur en sodium ont une structure physique faible qui peut être améliorée par un malaxage mécanique énergique.

Vaartnou, H., 1974

Il est nécessaire de trouver des espèces végétales susceptibles de s'adapter à des sols non perturbés riches en sodium. Si l'on se base sur les données rassemblées, l'*Agropyron trachycaulum* peut être utile pour une reconstitution de la flore sur des sols riches en sodium, ainsi que, éventuellement des graminées tolérantes aux terres salines comme les *Puccinillia* et les *Distichlis*.

Toujours en se basant sur les données recueiliies, on trouve que les seules espèces abondantes dans les sols à texture grossière ou très grossière sont les arbustes *Elaegnus commutata*, et *Rosa* spp. et l'herbacée *Epilobium angustifolium*. La faible capacité de rétention d'eau et la fertilité des sols à texture grossière y rendent difficile l'implantation et la survivance de la végétation. La majorité des espèces essayées au cours de cette étude sont moins abondantes sur les sols à texture grossière. Dans l'Alberta, les sols à texture fine ne paraissent causer aucun problème. Dans ceux-ci, on trouve en abondance le *Phleum pratense*, le *Trifolium hybridum*, et le *Trifolium pratense*, et leur abondance croît en fonction de la finesse de la structure du sol. Dans les sols à texture moyenne on trouve le *Poa* spp., le *Taraxacum officinale* et le *Trifolium repens*.

Toutes les zones latérales aux routes contenaient peu d'éléments organiques, mais il est impossible de dire si c'est le climat du sol ou son contenu organique qui influence la structure de la communauté végétale poussant sur les lieux de passage.

Les résultats relatifs au potassium ont montré que les espèces augmentant en abondance sur des sols pauvres en potassium étaient pour la plupart des espèces importées : *Festuca rubra, Taraxacum officinale, Phleum pratense, Rosa* spp. et *Trifolium pratense*. Les espèces décroissant en abondance en même temps que décroît le taux de potassium sont des espèces locales (*Bouteloua gracilis, Hordeum jubatum, Koeleria cristata* et *Stipa* spp.) à l'exception de l'*Agropyron cristatum*. Un grand nombre d'espèces n'ont pas paru affectées par la quantité de potassium présent dans le sol. Il n'existe pas de données relatives à la production de la masse biologique selon les différents taux de potassium.

On prévoit d'effectuer des recherches complémentaires pour savoir quelles sont les autres propriétés du sol et quels sont les organismes du sol qui ont de l'importance pour les projets de reconstitution de la végétation. Des conseils sur l'utilisation des espèces citées dans ce rapport sont inscrits dans le rapport final de 1974.

1. VAARTNOU, H. (Éditeur)

2. 1976

3. Revegetation research. A progress report on work accomplished in 1975.

   (Recherches sur la reconstitution de la flore. Rapport sur les travaux effectués en 1975).

4. Travail patronné par le programme de recherches sur l'environnement de l'Agriculture et les transports de l'Alberta et sur l'environnement des sables pétrolifères de l'Alberta. Rapport inédit. 350 p.

5. Original

6. a. Alberta : prairies, taïga canadienne, Montagnes rocheuses.

   b. Sud-ouest Mackenzie, Yukon méridionnal; morts-terrains, routes.

7. Une enquête provinciale détaillée a débuté en 1973, pour évaluer la croissance de la végétation reconstituée sur des zones récemment perturbées. La principale conclusion des travaux de la première année a été que la reconstitution de la flore sur les zones humides et bien drainées ne pose pas de problèmes majeurs. Cependant, pour des zones plus difficiles, il a paru évident que se sont les espèces végétales locales ou acclimatées qui offrent le plus de chance de succès. Les travaux de 1974 se sont concentrés sur les espèces locales convenant à la reconstitution de la végétation dans l'Alberta et ont été poursuivis pendant la saison 1975. Pour la première fois, pendant l'été 1975, il a été possible de recueillir une quantité raisonnable de graines de légumineuses et d'arbustes locaux.

Une grande partie de ce rapport est consacrée à la description de 56 stations expérimentales de reconstitution végétale réparties dans la réserve des peupliers-trembles, dans la prairie à herbe courte, dans la forêt boréale et dans les régions montagneuses de l'Alberta. La plupart de ces stations expérimentales se trouvent sur des pentes assez abruptes et beaucoup ont des sols pauvres car les travaux précédents avaient indiqué que c'est sur ces sortes d'endroits que la reconstitution de la végétation pose de problèmes. A quelques exceptions près, ces parcelles d'essai ont été plantées manuellement en lignes espacées de 36 pouces, l'espacement entre chaque plant dans chaque ligne étant également de 36 pouces. La fertilisation des terrains a été minime ou nulle, en se basant sur le fait que les espèces nécessitant un apport constant d'engrais ne sont que de peu d'utilité lors de la reconstitution d'une végétation.

Vaartnou, H., 1976

Pour chaque terrain planté en 1975, on a des renseignements sur : l'emplacement, les propriétés du sol, l'époque et la méthode de plantation, les conditions d'humidité au moment de la plantation, les données météorologiques détaillées, la liste des espèces plantées sur le terrain, l'évaluation du terrain au cours de la première année. Au cours des années suivantes, on a prévu de procéder à d'autres évaluations plus détaillées comprenant notamment des renseignements sur la mortalité hivernale et l'augmentation de la couverture du sol par le déploiement de rhizomes.

Les stations expérimentales de reconstitution de la flore dans la zone forestière boréale, relativement proche des Territoires du Nord-Ouest, sont les suivants :

Site 24, High Level (58 30 N, 117 00 W);

Site 42, Rainbow Lake (58 10 N, 119 25 W);

Site 45, Indian Cabins (59 50 N, 117 05 W);

Site 46, Fort Vermilion (58 11 N, 115 45 W);

Site 47, Keg River (57 48 N, 117 38 W).

Dans ce rapport, d'autres auteurs donnent des renseignements détaillés sur les analyses de sol effectuées sur ces terrains (H. Feddema), une étude de la technologie des semences (G. Simonson), l'essai de graminées sur différents types de sols (K. Yamanaka), l'essai de légumineuses sur différents types de sols (N. Warrington), l'étude des micro-organismes associés aux semences et aux jeunes plants (P. McPherson), enfin une enquête préliminaire sur la région des sables pétrolifères de l'Alberta : Bryophytes et lichens (P.W. Stringer).

Étant donné que la plupart des graines d'arbustes montrent une sorte de dormance qui empêche leur germination immédiate, l'emploi de semences d'arbustes dans un programme de reconstitution de végétation ne pourra être envisagé que lorsqu'on disposera de connaissances suffisantes sur la dormance de ces graines. Les espèces qui pourraient être utilisées dans le Nord et qui ont été essayées à ce jour comprennent : *Prunus virginiana, Arctostaphylos uva-ursi, Symphoricarpos occidentalis, Cornus stolonifera, Amelanchier alnifolia, Bryas drummondii, Elaegnus commutata, Rosa* sp., *Shepherdia canadensis* et *Vaccinium vitis-idaea*.

Les essais de graminées dans les différentes sortes de sols comprennent des essais effectués sur les résidus sablonneux de Yellowknife. Le *Poa palustris* a été la seule espèce à avoir poussé modérément bien sur les résidus sablonneux fertilisés. L'*Agropyron trachycaulum* et la *Festuca rubra* ont survécu mais leur croissance a été faible. A Yellow-

Vaartnou, H., 1976

knife, on n'a pas rencontré de difficultés de germination ni sur les résidus fertilisés ni sur ceux qui ne l'étaient pas mais la croissance s'est arrêtée une ou deux semaines après germination sur les sables résiduels qui n'avaient pas reçu d'engrais. Toutes les légumineuses ont très mal poussé sur les résidus sablonneux de Yellowknife. Le *Lathyrus* et l'*Hedysarum* ont survécu dans les parcelles expérimentées sur sable, des sables de Yellowknife, le problème peut être dû à la forte teneur en sel (conductivité 5,2 mmhos), ou peut-être aux fortes teneurs en sodium et en sulfate. La teneur en potassium est également passablement élevée, et on en a encore ajouté avec l'engrais. Ce dernier point peut entrer en ligne de compte pour la diminution de croissance constatée dans le terrain fertilisé. Des expériences sont encore en cours avec trois espèces plantées dnas les sables de Yellowknife : l'*Astragalus americanus*, l'*Hedysarum sulphurescens* et l'*Oxytropis campestris*.

Une partie de l'étude est consacrée aux genres de plantes non-légumineuses porteuses de nodules (*Alnus*, *Elaeagnus*, *Shepherdia*, *Dryas*, *Arctostaphylos*) propres à l'Alberta. L'auteur insiste pour que les facteurs régissant la reconstitution d'une végétation par des espèces formatrices de nodules soient étudiés. Un certain nombre de problèmes se posent pour l'implantation des légumineuses : échec de la germination des semences, absence de nodosités, nodulation insuffisante, carences alimentaires empêchant la formation de nodules, concurrence végétale. On doit en premier lieu découvrir la présence dans le sol ou sur les graines de *rhizobia* efficaces, car c'est cela qui détermine les possibilités d'inoculation ou d'inoculation hybride. On rencontrera le même genre de problèmes pour l'implantation d'espèces non légumineuses. La découverte d'*Actinomycetes* effectifs dans le sol ou sur les graines constitue la première mesure, mais l'inoculation ne sera probablement pas aussi simple qu'avec les légumineuses car on sait en réalité très peu de choses au sujet du processus.

Dans les études de reconstitution de la végétation, l'absence de mycorhizes vésiculaires-arbusculaires pourraient constituer un fait initial important pour la reconstitution sur des sols ou des sous-sols ayant subi un traitement d'extraction, comme c'est le cas pour les sables bitumineux.

1. VAARTNOU, H. et G.W. WHEELER

2. 1974

3. Establishment and survival of ground cover plantings on disturbed areas in Alberta.

   (Implantation et survivance de plantations de recouvrement du sol dans les régions perturbées de l'Alberta).

4. Ministère de l'Agriculture de l'Alberta, Laboratoire industriel agronomique, rapports de la Phase 1, Edmonton. 48 p.

5. Original

6. a. Alberta : Prairies, taïga canadienne, Montagnes Rocheuses.

   b. Sud-ouest Mackenzie, Yukon méridionnal; Morts-terrains, routes.

7. Les objectifs de cette étude commencée en 1973, étaient de fournir des renseignements fondamentaux dont on avait besoin pour reconstituer la végétation sur des zones perturbées de l'Alberta comme par exemple des chemins et des passages publics. La première phase de l'étude, dont nous parlons ici, a consisté en une enquête sur la végétation existant déjà dans les zones perturbées. Cette phase comprenait la reconnaissance des plantes originaires de la région qui pourraient être utilisées pour la reconstitution de la flore sur les passages, les chemins, les zones soumises à l'érosion et celles exploitées par des mines à ciel-ouvert. Des graines de plantes locales ont été recueillies et une attention spéciale a été accordée au problème de l'invasion par les mauvaises herbes et au contrôle de celles-ci sur les terrains à récupérer.

Des rapports séparés ont été rédigés sur la végétation le long des routes, sur les passages d'oléoducs et de lignes à haute tension, et sur quelques zones d'exploitations minières à ciel-ouvert. Un quatrième rapport traite des liens entre végétation et quelques propriétés importantes des sols. Le rapport que nous citons constitue une synthèse des renseignements consignés dans les quatre rapports précédents. On ne cite que les recommandations concernant la reconstitution de la flore dans les régions semi-forestières, celles de collines et des montagnes de l'Alberta. La plus grande partie du rapport est consacrée à une liste de graminées, de légumineuses et d'arbustes proposées pour la reconstitution de la végétation. Pour chaque espèce citée on trouve des renseignements sur sa venue naturelle, sur la forme générale de sa croissance et son utilisation conseillée en vue de la reconstitution de la flore. Les recommandations particulières concernant le potentiel de reconstitution de certaines espèces dans les régions semi-forestières, vallonnées et montagneuses de l'Alberta, et qui se trouvent également au nord du 60° parallèle, sont résumées ci-dessous :

Vaartnou, H. et B.W. Wheeler, 1974

Agropyron trachycaulum - pousse bien dans beaucoup de régions y compris les sols à texture grossière et des sols à pH important, taux élevé de chaux libre et forte teneur en sodium. Espèce très importante pour former une couverture initiale sur les zones perturbées; certains écotypes sont utiles pour la reconstitution d'une végétation sur des sables bitumineux, d'autres très résistants aux maladies nordiques.

Agrostis gigantea - a bien réussi sur des résidus de sables bitumineux et crée rapidement une bonne couverture végétale.

Agrostis scabra - Espèce importante pour l'étude ultérieure de divers écotypes dans la région de la forêt boréale.

Alopecurus pratensis - l'une des graminées les plus résistantes aux maladies dans les régions nordiques, et peut-être très utile pour les récupérations à effectuer au Nord du 55° parallèle.

Arctagrostis arundinaceae - graminée qu'on trouve communément dans les régions de pergélisol, extrêmement utile pour les récupérations de terres au nord du 58° parallèle.

Bromus inermis - ne pousse pas bien sur les sols à haute tension en sodium.

Bromus pumpellianus - sélection d'écotype et essais indispensables avant que des recommandations puissent être faites à son sujet.

Calamagrostis canadensis - l'emploi de ses graines doit être étudié avant qu'il ne soit fiable pour une récupération des terres; les difficultés de manipulation et la facilité avec laquelle il s'implante seul sur les terrains perturbés laisse à penser que cette espèce ne devrait pas être utilisée dans les mélanges de semences.

Calamogrostis inexpansa - l'écotype Fort-McMurray provenant de sols sablonneux pourrait se révéler utile dans la récupération de décharges de résidus et de résidus sablonneux.

Calamovilfa longifolia - l'une des quelques espèces susceptibles de former une couverture végétale stabilisant le sable pur, mais une sélection d'écotypes est indispensable pour son utilisation dans les régions nordiques.

Deschampsia caespitosa - il convient d'opérer une sélection d'écotypes résistants à la maladie et à la sécheresse avant que son utilité pour les terres à récupérer puisse être déterminée.

Elymus innovatus - une sélection d'écotype est nécessaire pour obtenir des clones susceptibles de participer à la récupération de zones boisées semi-ombragées.

Vaartnou, H. et G.W. Wheeler, 1974

Festuca brachyphylla - cette plante locale originaire des pentes rocheuses et des sommets peut être utile pour les plantations à haute altitude où l'on ne trouve pas d'autres fétuques.

Festuca ovina - des écotypes sélectionnés seraient très utiles sur les sols légèrement sablonneux tels que les résidus sablonneux de la région de Fort McMurray, également pour d'autres zones comprenant celle où l'on a extrait des métaux lourds ou pollués par le soufre.

Festuca rubra - sa sensibilité aux maladies réduit sa longévité. Certaines variétés à rhizomes longs, adaptées aux sols sablonneux grossiers et résistantes aux maladies locales pourraient être utiles si leurs semences devenaient disponibles.

Glyceria pulchella - peut être utile pour ensemencer des zones humides dans la région semi-forestière nordique, mais il faut obtenir davantage de renseignements sur son agronomie, sa résistance aux maladies et son implantation.

Hierchloe odorata - commune dans les prairies basses et parfois dans les zones récemment perturbées. Peut, de la sorte, être utile pour les sols légers et humides des régions boréales et vallonnées.

Phleum alpinum - peut être utile pour la reconstitution d'une végétation à haute altitude.

Phleum pratense - s'il doit être employé à une reconstitution de la végétation il convient d'opérer une sélection d'écotypes résistant aux maladies et adaptés aux différents habitats.

Poa alpina - l'une des meilleures graminées pour la récupération de terres d'altitudes élevées, où vit une faune sauvage, ainsi que pour d'autres régions perturbées.

Poa compressa - requiert davantage d'essais, mais pourrait être très convenable pour la reconstitution de la végétation sur sols pauvres.

Poa palustris - l'une des premières espèces à envahir des sols perturbés, doit être incluse dans les mélanges de semences destinées à produire une couverture végétale rapide, mais exige des essais ultérieurs pour déterminer sa résistance aux maladies locales.

Poa pratensis - l'une des graminées les plus efficaces pour presque tous les sols et les conditions d'environnement existant au nord-ouest de l'Amérique, mais exige une sélection d'écotype basée sur la résistance à la neige.

Puccinellia distans - peut être importante pour la récupération de terres alcalines, mais exige d'autres essais et sélections.

Vaartnou, H. et G.W. Wheeler, 1974

Astragalus canadensis - peut être une légumineuse utile dans les régions boréale forestières et vallonnées.

Hedysarum alpinum - cette légumineuse à racines profondes est l'une des espèces les plus prometteuses pour les mélanges de semences qu'on emploiera dans les régions nordiques ainsi que dans les régions de collines. Il convient toutefois d'effectuer des essais d'écotypes dans différents environnements.

Lathyrus ochroleucus - il est improbable qu'il pousse bien dans des sols à forte teneur en sodium ou à texture grossière.

Medicago falcata - pourrait être l'une des meilleures légumineuses pour la reconstitution végétale dans les régions boréales forestières à peuplement mélangé.

Medicago sativa - pousse bien sur des sols à pH élevé dont la texture est fine ou moyenne. Pour la reconstitution d'une végétation il convient d'avoir une variété possèdant des rhizomes lâches et résistantes aux maladies locales.

Trifolium repens - utile sur sols à forte teneur calcaire, mais non pour sols à forte teneur en sodium ou à texture grossière. Si l'on choisit une variété convenablement résistante à la maladie, peut être utile dans un environnement humide.

Vicia americana - importante plante locale originaire de la région boréale de forêts à peuplement mélangé, pousse bien dans les sols à pH élevé et à forte teneur en calcaire, mais non dans les sols à fort taux de sodium.

Amelanchier alnifolia - il convient de rechercher des écotypes adaptés aux différentes régions écologiques.

Arctostaphylos uva-ursi - probablement la plus utile pour les sols à texture grossière de la région boréale de forêts à peuplement mélangé, ainsi que dans les montagnes et les collines. Il convient de mettre au point des méthodes d'utilisation de ses graines avant qu'on puisse recommander cette espèce aux fins de reconstitution d'une végétation.

Arctostaphylos rubra - il faut étudier davantage cette espèce en vue de son utilisation dans la région boréale forestière. Elle peut se révéler pratique dans les terres humides du nord et à altitude élevée en montagne.

Cornus stolonifera - avant qu'on puisse recommander cette espèce pour reconstitution d'une végétation, il convient de mettre au point des méthodes pratiques pour l'utilisation de ses semences.

Vaartnou, H. et G.W. Wheeler, 1974

Dryas drummondii - cette espèce peut être excellente pour la récupération de régions sèches et rocheuses, mais son implantation et les soins à lui donner doivent être étudiés en premier lieu.

Juniperus horizontalis - arbuste utile pour les sols légers du nord et de l'ouest de l'Alberta, mais on doit davantage étudier son ensemencement et les soins à lui donner si on veut l'employer pour reconstituer une végétation.

Prunus pennsylvania - espèce très utile pour améliorer l'esthétique d'un paysage et l'habitat sauvage dans les régions nordiques (la germination des graines et les premiers soins à donner exigent davantage d'études).

Rosa acicularis et *Rosa woodsii* - sont utiles sur des sols à pH élevé et à forte teneur en calcaire, bons également pour les sols à texture grossière.

Symphoricarpos albus - peut être utile pour la stabilisation de pentes, l'amélioration de l'habitat sauvage et l'amélioration esthétique mais il faut davantage de renseignements sur son implantation et sur les soins à lui donner.

Vaccinium myrtilloides - peut se révéler utile pour la reconstitution de la flore, mais davantage de renseignements sont nécessaires sur son implantation.

Vaccinium vitis-idaea - davantage d'informations sur son implantation et son entretien sont indispensables avant qu'on puisse l'envisager comme espèce destinée à la reconstitution de la végétation.

Viburnum edule - il faut davantage de renseignements avant qu'on puisse faire des recommandations.

Cette liste d'espèces ne constitue qu'une liste préliminaire. Elle sera modifiée au fur et à mesure que des renseignements complémentaires seront rendus disponibles. Les auteurs soulignent l'importance des variations écotypiques, particulièrement lorsqu'une espèce est citée pour plusieurs zones différentes à l'intérieur de l'Alberta.

1. VAARTNOU, H. et G.W. WHEELER

2. 1975

3. Establishment and survival of ground cover plantings on disturbed areas in Alberta.

   (Implantation et survivance de plantations de recouvrement de sols dans des régions perturbées de l'Alberta).

4. Ministère de l'Agriculture de l'Alberta, Laboratoire d'industrie agronomique section botanique, Edmonton. Rapport 1974 d'aménagement des sites. 190 p.

5. Original

6. a. Alberta : prairies, taïga canadienne, Montagnes Rocheuses.

   b. Sud-ouest Mackenzie, Yukon méridionnal; morts-terrains, routes.

7. La plus grande partie de ce rapport est consacrée aux descriptions de 34 terrains d'essais de reconstitution de la végétation qui ont été créés dans l'Alberta en 1974.

Les critères employés pour la sélection des espèces destinées à la reconstitution de la flore sont les suivants : utilisation envisagée, résistance aux maladies, type de racines, faculté d'adaption aux propriétés spécifiques du sol, protection de couverture, faculté d'adaptation à l'environnement local, capacité concurrentielle, valeur esthétique, valeur alimentaire pour la faune sauvage.

Pour trois régions écologiquement différentes de la zone boréale (forêt à espèces mélangées, basses-terres alluviales autour du lac Athabasca, plaine sablonneuse plantée de pins proche du lac Athabasca) les espèces suivantes, ayant un potentiel de reconstitution de végétation, ont été distinguées :

Graminées pour les terrains bien drainés de la région forestière boréale : *Agropyron dasystachyum, Agropyron subsecundum, Elymus innovatus, Bromus pumpellianus*

Graminées pour les terrains humides de la région forestière boréale : *Poa palustris, Calamagrostis canadensis.*

Légumineuses pour la région forestière boréale : *Latyrus ochroleucas, lupinus arcticus, Vicia americana;*

Graminées pour les terrains bien drainés des terres basses alluviales : *Agropyron smithii, Agropyron trachycaulum, Poa pratensis, Poa palustris, Agrostis gigantea, Festuca rubra, Elymus innovatus, Hierochloe odorata, Arctagrostis arundinacea, Alopecurus pratensis, Phleum pratense;*

Vaartnou, H. et G.W. Wheeler, 1975

Graminées pour les terrains humides des basse-terres alluviales : *Glyceria pulchella, Deschampsia caespitosa, Calamagrostis inexpansa, Agrostis scarbra, Phalaris arundinacea;*

Graminées pour les basse-terres alluviales à forte salinité : *Poa ampla, Puccinellia distans, Agropyron yukonense;*

Légumineuse pour les basses terres alluviales : *Trifolium hybridum, Hedysarum alpinum, Medicago falcata;*

Graminées pour les plaines sablonneuses : *Elymus innovatus, Calamagrostis inexpansa, Festuca ovina, Agrostis scabra, Festuca saximontana, Hierochloe odorata;*

Légumineuses pour les plaines sablonneuses : *Astragalus canadensis, Astragalus cicer, Astragalus crassicarpus.*

La liste des espèces d'arbustes susceptibles de servir à la reconstitution de la végétation en zone boréale est la suivante : *Arctostaphylos uva-ursi, Arctostaphylos rubra, Elaegnus commutata, Vaccinium myrtilloides, Vaccinium vitis-idaea, Symphoricarpos albus, Rosa acicularis, Rosa woodsii, Prunus pennsylvanicus, Prunus virginiana* et *Amalenchier alnifolia.*

Les auteurs espèrent que les recommandations préliminaires concernant les possibilités de servir à une reconstitution de végétation de ces différentes espèces pourront être formulées d'ici deux ans, mais des recommandations plus complètes pourraient exiger jusqu'à dix années d'études.

1. VAN CLEVE, K.

2. 1972

3. Revegation of disturbed tundra and taiga surfaced by introduced and native plant species. (Reconstitution de la végétation de surfaces perturbées dans la toundra et la taïga, par l'emploi d'espèces locales et agronomique).

4. In : B.H. McCowan et B.R. Simpson, coordinateurs. L'impact de l'exploitation des ressources pétrolières sur les communautés végétales nordiques, 23^{e} AAAS Conférence Scientifique de l'Alaska, Institut de biologie arctique, Fairbanks, Alaska, p 7-11.

5. Résumé modifié de l'auteur avec additions;

6. a. Alaska: taïga du centre de l'Alaska, toundra de l'Alaska.

   b. Sud-ouest du Mackenzie, région côtière du Yukon, Alpine, Yukon méridional; morts terrains, routes.

7. Les quatres paragraphes ci-dessous sont la version modifiée du résumé fait par l'auteur.

Ce rapport résume un travail de trois années qui a attiré l'attention sur les essais réalisés sur place avec des espèces végétales difficilement introduites et sur d'autres techniques qui peuvent être utilisées pour stabiliser les surfaces du sol dans l'Alaska arctique et sub-arctique. Les essais sur place d'espèces sélectionnées de graminées robustes ont remporté de remarquables succès sur 6 des 8 terrains découpés de Fairbanks jusqu'à Prudhoe-Bay. La reconstitution de la végétation au moyen d'espèces agronomiques sur des terrains perturbés de la région de Prudhoe-Bay et de Hallp Valley-Sagwon n'a pas été aussi réussie que les essais de reconstitution effectués sur des terrains situés plus au sud. La brève saison de croissance, les froids températures du sol et la nature sèche des terrains perturbés peuvent être responsables du taux réduit de croissance des espèces importées dans les terrains nordiques. La reconstitution d'une flore dans les terrains arides que l'on trouve sur les banquettes routières, les chemins menant aux forages ou les lieux de campements peut exiger un arrosage supplémentaire ou un paillage avec des matières organiques pour aider à conserver l'humidité.

Un succès considérable a par contre été remporté avec des graminées annuelles et vivaces sélectionnées, semées sur des terrains au sud de Happy Valley, y compris dans des régions de haute altitude à Galbraith Lake et Anaktuvuk Pass. En ce qui concerne les terrains au sud de Happy Valley, les espèces suivantes se sont généralement révélées excellentes

Van Cleve, K, 1972

pour leur potentialité de reconstitution végétale: Ivraie annuelle, fétuque arctique, fétuque dure Durar, vulpin agreste, pâturin islandais, pâturin nugget et *Agropyron trachycaulum*. Un certain nombre d'autres espèces ont reçu la mention "bien", notamment le millet long faux roseau, la fléole Climax, la fléole Engmo, la fétuque rouge rampante et la *Deschampsia caespitosa*.

En général la meilleure réaction de croissance a été obtenue grâce à l'emploi d'engrais à forte teneur en phosphate (8-32-16) à raison de 400 lb/acre. Les essais effectués en laboratoire sur des fétuques rouges rampantes et des fléoles Climax cultivées dans des terres d'étude sélectionnées à titre expérimental indiquent un rapport phosphoreazote de 2 à 1 serait une combinaison nutritive favorable applicable lors des essais sur place. Une application supplémentaire d'engrais devrait être faite l'année suivant celle de l'ensemencement pour éviter les carences en éléments nutritifs et conserver des taux rapides de croissance. Des ensemencements supplémentaires peuvent se révéler nécessaires pour assurer une stabilisation rapide de la surface.

L'importance de la reconstitution végétale des surfaces perturbées grâce à l'invasion d'espèces locales a pu être observée dans plusieurs terrains d'étude. Dépendant de l'importance de la pertubation infligée à la surface, les souches et rhizomes restées en terre peuvent fournir une source importante de greffes pour le retour d'espèces végétales locales. De plus, le transport naturel de graines provenant de régions voisines vers les terrains perturbés peut aider à long terme à la stabilisation de la surface. La transplantation de jeunes plants d'arbres locaux sur les terrains perturbés peut également fournir une stabilisation à long terme des surfaces dans les régions les plus accessibles du sud de Brooks Range.

Les critères employés pour procéder à l'évaluation des potentialités de reconstitution de la végétation des espèces particulières sont les suivants: (1) faculté de survivance pendant plusieurs saisons de croissance; (2) potentiel reproducteur adéquat (graines et végétation); (3) production de racines et de tigres, et (4) développement rapide de la plante et développement adéquat de la couverture végétale.

Les températures froides du sol ont de l'influence sur le régime alimentaire des plantes, elles retardent la dégradation des matières minérales de surfaces et la décomposition des matières organiques sur et dans le sol, parce que les sols constamment soumis au froid ne contiennent pas en quantité suffisante les éléments nutritifs dont les plantes ont besoin pour pousser. Les plus fortes concentrations d'azote ont été trouvées dans les couches superficielles de terre organique. En conséquence les méthodes permettant de retenir n'importe quelle matière organique originelle favorisent la quantité d'éléments nutritifs présente dans les terres perturbées. Ainsi les terres analysées avaient des taux convenables de P et de N, mais la disponibilité de ces éléments était retardée par la lenteur de la dégradation chimique.

Van Cleve, K, 1972

Il faudra effectuer des travaux supplémentaires à Prudhoe Bay et à Happy Valley, les deux sites les plus au Nord, pour déterminer quelle est la meilleure époque pour les plantations, quels sont les meilleurs taux de semences ainsi que les taux et combinaisons d'éléments nutritifs à apporter par les engrais. Il faut davantage de temps pour mesurer la croissance et la survivance des espèces introduites afin de connaître leur réussite à long terme.

1. VAN CLEVE, K., L.A. VIERECK et R.L. SCHLENTNER

2. 1971

3. Accumulation of nitrogen in alder *(Alnus)* ecosystems near Fairbanks, Alaska. (Accumulation d'azote dans les écosystèmes de l'aulne *(Alnus)* près de Fairbanks, Alaska).

4. Recherche arctique et alpine 3:101-114

5. Résumé de l'auteur, avec additions

6. a. Alaska: taiga de l'Alaska central

   b. Sud-ouest Mackenzie, Yukon méridional; routes.

7. (1) Une analyse de l'accumulation de la masse biologique et de l'azote a été effectuée sur des écosystèmes d'aulnes de même âge poussant dans la plaine inondée de la Tanana River près de Fairbanks, Alaska.

   (2) Après une augmentation rapide de l'accroissement annuel moyen de la masse biologique pendant les cinq premières années du développement de l'écosystème, l'accroissement a marqué un ralentissement puis une augmentation régulière de cinq à vingt ans. La productivité de ces écosystèmes occupe une position intermédiaire comparée à celle d'écosystèmes forestiers dans d'autres régions géographiques.

   (3) Le taux annual moyen de création d'azote est rapide pendant les cinq premières années du développement puis décroît jusqu'à 20 ans d'âge de l'écosystème.

   (4) Les taux d'ajouts de N dans ces écosystèmes sont égaux ou supérieurs à ceux signalés par d'autres chercheurs en ce qui concerne l'aulne. Des ajouts périodiques de N peuvent se produire lors des inondations. Mais ces apports sont probablement faibles comparés à ceux produits par fixation symbiotique.

L'accroissement annuel moyen, analysé sur une période de 20 ans, a été de 4 734 kg 6 Ha/an de masse biologique et de 156 kg 4 Ha/an d'azote. Le taux maximum a été enregistré pendant la période de 0 à 5 ans: 6 162 kg 7 Ha/an de masse biologique et 361 kg 6 Ha/an d'azote.

Les principaux composants de la végétation herbacée étaient l'*Equisetum pratense* et l'*Equisetum variegatum*, qui représentèrent 10% de la couverture végétale dans l'écosystème âgé de 5 ans. Cette couverture

Van Cleve, K., L.A. Viereck et R.L. Schlentner, 1971

a augmenté en même temps que vieillissait la plantation, de sorte qu'au bout de 20 ans la couverture serrée semblait composée d'*Equisetum pratense*, et dans une moindre mesure de *Moehringia lateriflora* et de *Calamagrostis canadensis*.

1. VIERECK, L.A.

2. 1966

3. Plant succession and soil development on gravel outwash of the Muldrow Glacier, Alaska. (Succession végétale et développement du sol sur les graviers et les eaux de fonte du glacier Muldrow, dans l'Alaska).

4. Monographies écologiques (Ecological Monographs) 36 : 181-199

5. Parties d'un résumé de l'auteur, avec additions

6. a. Alaska : taïga de l'Alaska méridional

   b. Région alpine; Morts-terrains, routes.

7. Les paragraphes numérotés qui suivent sont une partie du résumé écrit par l'auteur sur la succession végétale et le développment du sol sur les graviers et les eaux de fonte du glacier Muldrow, en Alaska :

   1. La succession végétale et le développement du sol dont décrits pour une série de quatre terrains baignés par les eaux de fonte voisins de la rivière McKinley dans la région de toundra alpine des montagnes de l'Alaska, dans le parc National Mount McKinley.

   2. En se basant sur des estimations de l'époque du retrait des glaces à la fin de la période glaciaire du Wisconsin, on peut estimer que l'âge des terrains en question est de 5 000 à 9 000 ans.

   3. Les progrès du développement de la végétation vont de tapis végétaux dispersés, composés d'arbrisseaux de saules et de *Shepherdia*, jusqu'à des prairies verdoyantes parsemées de bosquets de saules petits mais touffus. Des plants de bouleaux et un épais tapis de mousses commencent à se former à l'ombre des saules et parfois les remplacent. Les bosquets de bouleaux nains forment une strate égale et continue sous-tenue par une couche épaisse de mousses composée d'*Hylocomium splendens* et de *Pleurozium schreberi*. Au stade définitif, la toundra est composée de bouleaux nains et de buissons d'éricacées entremêlés à des touffes d'*Eriophorum vaginatum* poussant parmi les *Sphagnum* et autres mousses.

   4. Le sol subit des modifications progressives, depuis le gravier grossier issu des eaux de fonte, jusqu'à son état actuel, après avoir passé par quatre stades successifs. Avec le temps, le texture du sol de surface devient légèrement plus fine, probablement grâce à l'apport de matériaux entrainés par le vent plutôt qu'à la suite d'une dégradation purement physique. Des

Viereck, L.A., 1966

matières organiques, principalement des mousses décomposées, se déposent en couche fine sur la surface du sol et finissent par former une couche de 10 cm d'épaisseur au cours des derniers stades de l'enchaînement. De l'azote s'ajoute au sol, principalement par l'entremise d'organismes fixateurs d'azote associés à des légumineuses, des *Dryas* et des *Shepherdia*. Le pH passe de 8.0-8.4 dans les résidus de fonte originels à 4.4 dans le sol actuel de toundra.

5. En raison des effets d'isolation dus à la végétation, et spécialement à l'épaisse strate de mousses, le gélisol s'est développé et est monté à proximité de la surface dans les terrains actuels. La couche de gélisol évite la déperdition de l'humidité vers les profondeurs, créant une condition humide favorable au développement des mousses du genre sphaignes ainsi que des touffes de roseaux du genre carex.

La végétation du premier stade consiste principalement en un tapis et en bosquets d'espèces n'atteignant que quelques centimètres de hauteur. Les *Dryas drummondii* et les *Dryas integrifolia* forment la couverture la plus haute. Des bosquets de légumineuses telles que l'*Astragalus tananaica*, l'*Astragalus nutzotinensis*, l'*Oxytropis gracilis* et l'*Hedysarum mackenzii* représentent environ 20% du taux de couverture. A l'exception des légumineuses, il n'existe pas d'autres herbacées importantes. Quelques arbustes se trouvent ça et là : trois espèces de saules notamment, et rarement des *Shepherdia canadensis* et de *Potentilla fruticosa*.

Les zones de prairies sont caractérisées par de grands tapis homogènes d'*Elymus innovatus*, de *Festuca altaica* et de *Poa* sp.

L'invasion initiale des graviers d'eaux de glacier par des espèces à graines légères et des légumineuses avec les *Dryas drummondii* est peut-être la plus importante et en tous cas l'une des toutes premières. Les graines de ces espèces trouvent abri dans les matières fines où elles germent et d'où les plants s'étendent radialement. Les autres espèces à graines légères sont l'*Epilobium angustifolim*, le *Crepis nana*, et certaines espèces de peupliers baumiers et de saules. Certaines espèces ont fleuri à un certain stade, sont mortes et ont constitué des endroits favorables à la fixation d'autres plantes ou de mousses.

Les espèces fixatrices d'azote diminuent fortement lors de la période prairie. Toutefois, il semble que l'azote fixé par ces organismes continue à descendre dans les couches profondes de 5, 10 et 20 cm, grâce au dernier stade des arbustes.

Le principal changement en pH a lieu au cours de la période se situant entre la première implantation et la période prairie, probablement en raison de l'infiltration rapide du carbonate de calcium. L'abaissement subséquent du pH s'effectue à un taux plus lent avec une augmentation légère aux profondeurs supérieures à 10 cm.

1. VIERECK, L.A.

2. 1970

3. Forest succession and soil development adjacent to the Chena River in interior Alaska.

   (Succession forestière et développement des sols voisins de la Chena River dans l'intérieur de l'Alaska).

4. Recherche arctique et alpine 2 : 1-26

5. Original

6. a. Alaska, taïga de l'Alaska central

   b. Sud-ouest Mackenzie, Yukon méridional; routes.

7. Les plaines inondables de l'intérieur de l'Alaska offrent une excellente occasion d'étudier la succession forestière en fonction du développement des sols et du pergélisol, et de se documenter sur les modifications évidentes qui se produisent avec le temps dans le sol et la végétation.

La succession commence par la colonisation des graviers et des limons par des herbes et des arbustes à graines légères, principalement de *Salix* et parfois d'aulnes à feuilles minces (*Alnus incana*). Les deux espèces de saules (*Salix alaxensis* et *Salix pseudocordata*) et l'aulne sont les espèces originelles intolérantes à l'ombre.

Au cours de la seconde période, les peupliers baumiers poussent rapidement et forment des groupes exclusifs. Les saules sont éliminés par les peupliers et une nouvelle végétation sous-jacente se développe à leur ombre, composée de ronces (*Rosa acicularis*) de viornes (*Viburnum edule*) et de prêles (*Equisetum sp.*). A cette période le gel et le dégel sont plus lents et il existe moins de fluctuations de la température en raison de l'effet isolant de la litière de feuilles. La conductivité calorique de la terre limoneuse est également plus lente et cette terre fournit davantage d'éléments nutritifs tout en gardant l'humidité, qui n'est plus dès lors un facteur limitatif.

Les périodes suivantes de succession par épinettes et sapinettes s'accompagnent du développement de couches épaisses de mousses et de matières organiques. Étant donné que le dégel se fait plus lentement, il se développe une couche de pergélisol qui empêche l'infiltration des eaux et crée un sol plus humide. La croissance des arbres devient alors plus lente soit en raison de l'humidité du sol, soit en raison des températures plus basses de celui-ci. Tandis que la succession continue,

Viereck, L.A., 1970

la couche de pergélisol se rapproche de la surface et les éléments nutritifs sont épuisés au point que le phosphore, l'azote et le manganèse peuvent devenir des limitateurs.

Ainsi la succession procède des conditions presque xérophytiques des barres de graviers jusqu'aux situations mésiques du peuplier baumier et des sapinettes, enfin jusqu'aux conditions hydriques de croissance lente de l'épinette noire. Dans cette dernière période, avec un tapis épais de mousses sphaignes, le plateau de pergélisol se trouve à environ 20 à 20 cm en-dessous de la surface des mousses.

Le gravier de rivière a un pH de 5.0 à 5.6, mais il devient plus acide avec les dépôts limoneux de la rivière, passant de 4.5 à 5.0. La litière du sol se modifiant avec les passages des arbres à feuillage caduque aux conifères, les sapins les plus anciens peuvent éventuellement pousser sur des sols ayant un pH de 3.6 à 3.7.

1. VIVYURKA, A.J.

2. 1975

3. Rehabilitation of uranium mines tailings areas.

(Récupération des zones de décharges de résidus de mines d'uranium).

4. Journal canadien des Mines (Canadian Mining Journal) 95 : 44-45

5. Original

6. a. Ontario; taïga canadienne

b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; résidus miniers.

7. Le traitement de sept décharges de résidus de mines d'uranium proches d'Elliot Lake, Ontario, a consisté en addition de calcaire agronomique en quantités allant jusqu'à 30 tonnes/acre. Le pH des résidus n'est pas parvenu jusqu'au point de neutralité, mais aucun problème n'est apparu dans la croissances des graminées sur les zones de résidus acides. On a également essayé l'ammonium et le sodium en tant qu'agents neutralisants. Ils ont agi rapidement, mais il en a fallu de fortes quantités, car ils s'infiltraient rapidement en raison de leur forte solubilité. L'expérience a montré que le chaulage des résidus accroît la neutralisation, mais provoque un problème de sécheresse car les résidus manipulés se dessèchent. L'auteur estime que de petites additions fréquentes d'engrais valent mieux que de forts épandages une ou deux fois par an.

En cet endroit, on a eu la preuve que le mois d'août était la meilleure époque pour planter, permettant aux végétaux de s'implanter avant l'hiver. Au printemps, les résidus sont trop humides. Les fléoles Climax, les pâturins, des prés et les lotiers pied-d'oiseau ont montré une croissance satisfaisante et donné de meilleurs résultats dans les régions basses où se réfugiait l'humidité plutôt que dans les régions élevées et sèches où la germination demeurait faible.

Un paillage épais de 1 à 2 pouces constitué de fines écorces a encouragé une bonne germination et une bonne croissance. On a tenté l'irrigation qui a permis une croissance légèrement meilleure, mais néanmoins insuffisante pour justifier la dépense. Une couche imperméable de surface a été également très coûteuse et ne saurait être conseillée que pour les zones posant des problèmes extrêmes.

A côté des questions de reconstitution de la flore, on s'est occupé d'autres méthodes de stabilisation des terres mettant en oeuvre la chaux, la boue calcaire, la sciure de bois et les déchets minéraux. L'auteur suggère que le programme final comprenne probablement une technique d'enrobage superficiel des résidus, s'ajoutant à une nouvelle végétation pour constituer une couverture permanente.

1. VOGEL, W.G.

2. 1973

3. The effect of herbaceous vegetation on survival and growth of trees planted on coal-mine spoils.

   (Effet de la végétation herbacée sur la survivance et la croissance des arbres plantés sur des déblais de mines de charbon).

4. In : National Coal Association, Research and Applied Technology Symposium on Mined-Land reclamation, Pittsburgh, Pennsylvanie, p. 82-92.

5. Original

6. a. Kentucky; forêts de l'Est

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains.

7. Les plantations expérimentales effectuées dans le sud-est du Kentucky ont montré que le fait de planter simultanément une végétation d'arbres et d'herbacées était souhaitable pour la récupération des remblais de déchets issus des mines de charbon à ciel ouvert, où les deux expèces de végétations étaient souhaitables. Jusqu'à un certain degré les espèces herbacées entrent en concurrence avec les espèces ligneuses mais cette concurrence peut être atténuée en encourageant les légumineuses et en évitant de semer des graminées trop fortement concurrentielles. Par contre, les arbres plantés sur un terrain où la végétation herbacée est déjà fortement enracinée ont une moindre chance de survie.

Quatre espèces d'arbres (peuplier, sycomore, pin de Virginie et pin à feuilles glabres) ont été plantées selon les dispositions suivantes : (1) plantation de référence sans couverture herbacée; (2) plantation d'arbres sans couverture herbacée mais fertilisée avec N et P; (3) arbres fertilisés avec N et P et semis d'éragrostis pleureurs (*Eragrostis curvula*) à raison de 4 lb/acre et de fétuques hautes Kentucky 31 (*Festuca arundinacea*) (faux roseau) à raison de 16 lb/acre, enfin (4) arbres plantés et fertilisés avec N et P et semis de graminées et de légumineuses (*Lespedeze cuneata* et *Lespedeza stipulacea*). Les déblais ont été déposés en deux endroits, l'un composé principalement de schiste gris ayant une gamme de pH de 6.0 à 8.0, le second composé de grès et de schiste ayant une gamme de pH de 5.0 à 6.0.

A la fin de la première saison de croissance les résultats ont montré que le pourcentage de la surface de sol couverte par la végétation avoisinait 65% pour les parcelles semées uniquement de graminées, et 70% pour les parcelles semées de graminées et de légumineuses. A la fin

Vogel, W.G., 1975

de la troisième saison de croissance la couverture des deux parcelles s'élevait à 95%, et la végétation avait même empiété sur les parcelles voisines non semées. A ce moment-là, les *Lespedeza* dominaient dans les parcelles semées de graminées et de légumineuses, avec une couverture moyenne de 60% pour toutes les parcelles de cette catégorie. A la fin de la cinquième saison de croissance, les légumineuses représentaient pratiquement la totalité de la couverture végétale dans les parcelles semées de graminées et de légumineuses.

La survivance des arbres ne fut par réduite de manière significative par la couverture herbacée, mais leur croissance en hauteur fut freinée très nettement au cours des trois premières années. Les graminées seules empêchaient un peu plus la croissance que les combinaisons graminées-légumineuses. Lors de la quatrième saison de croissance, celle des pins plantés dans les parcelles graminées-légumes était égale à celle des pins plantés dans les parcelles sans couverture herbacée.

Pendant la quatrième et la cinquième années, la croissance des arbres plantés dans les parcelles de graminées-légumineuses dépassa la croissance de ceux des autres parcelles, y compris dans celles où la concurrence entre espèces était faible. L'azote était particulièrement déficient dans les parcelles à graminées seules et après cinq ans la croissance des peupliers et des sycomores s'est arrêtée. La différence a été moindre pour les espèces de pins.

La survivance des arbres des parcelles graminées-légumes a continué de décliner au cours des quatrième et cinquième années, phénomène expliqué par l'ensevelissement des plants d'arbres sous la couverture épaisse des *Lespedeza* lorsque ces dernières meurent en automne. Ce fait peut être corrigé en sélectionnant une espèce de couverture rapide moins concurrentielle.

La grande fétuque s'est montrée plus compétitive que les autres herbacées et a éliminé la couverture initiale d'eragrostis pleureurs. A la fin de la troisième saison, les *Lespedeza* avaient évincé les deux graminées et pris toute la place. Dès ce moment la croissance des arbres s'est améliorée. Un mélange d'espèces moins concurrentielles pourrait être composé d'eragrostis et de *Lespedeza*, en n'y mêlant pas de fétuque. Toutefois, Vogel et Berg (1975) ont trouvé que les espèces de saison chaude (eragrostis et *Lespedeza*) restreignaient moins les acacias que les espèces de saison froide (ivraie et grande fétuque).

D'autres méthodes pour réduire la concurrence faite aux arbres par les espèces herbacées consistent : à ajuster les proportions des différentes espèces dans le mélange de graines, à diminuer les applications d'engrais, spécialement d'azote, afin de réduire la concurrence menée par les graminées. Certaines espèces d'arbres peuvent se montrer moins sensibles que d'autres à la concurrence des herbacées, mais ceci est un sujet qui exige de nouvelles recherches.

1. WALKER, D., R.S. SADASIVIAH et J. WEIJER

2. 1977

3. The utilization and genetic improvement of native Alberta grasses from the eastern slopes of the Rocky Mountains.

   (L'utilisation et l'amélioration génétique de graminées locales de l'Alberta provenant des versants orientaux des Montagnes Rocheuses).

4. Département de génétique de l'Université de l'Alberta, Edmonton. Rapport inédit 52 p.

5. Original

6. a. Alberta; Montagnes Rocheuses

   b. Alpine, Sud-ouest Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes.

7. Ce projet vise à recueillir, augmenter et entretenir une protection des graines de semences de graminées locales originaires de la région des Rocheuses dans l'Alberta, et de sélectionner les espèces qui semblent les plus prometteuses pour la reconstitution d'une végétation dans les zones perturbées et apporter une amélioration à la vie de la faune sauvage, particulièrement aux orignaux et aux mouflons des Rocheuses pendant la saison d'hiver.

En appliquant les techniques les plus avancées en matière de pratique agronomique et d'amélioration génétique, on espère offrir un service analogue à celui rendu par les centres de produits végétaux du Service de la conservation des sols des États-Unis.

Dans les régions montagneuses, les zones perturbées sont souvent d'un environnement trop rude pour qu'on puisse s'y procurer commercialement des graminées. Les espèces locales qui se sont adaptées aux conditions climatiques et à celles du sol au cours de milliers d'années de sélection naturelle représentent pourtant prochainement la seule solution susceptible de résoudre le problème de la reconstitution d'une végétation.

La sélection d'espèces locales et des efforts qui leur sont imposés a été effectuée selon les critères suivants : (1) grande faculté d'adaptation, (2) fort rendement de production de graines, (3) bonne valeur fourragère, (4) faible éclatement des cosses (capacité qu'ont les plantes de conserver leurs grains jusqu'à la fin de la récolte), (5) forte taille des grains, (6) variétés sans maladies, (7) sélection de quelques espèces à faible production de fourrage pour les terrains où l'on craint les risques d'incendie et où l'on ne désire pas attirer la faune sauvage.

Walker, D., R.S. Sadasiviah et J. Weijer, 1977

Les observations préliminaires faites au cours des études de transplantations sur des terrains d'essai montagneux ont montré que des plantes originaires d'un lieu géographique donné des Rocheuses pouvaient pousser dans d'autres lieux. Une méthode d'implantation rapide d'une couverture végétale sur des zones fortement perturbées et dans des conditions climatiques extrêmes peut consister à transplanter des plants de graminées ayant poussé en conteneurs. Cette méthode peut se révéler extrêmement efficace. La facilité avec laquelle les graminées transplantés ont survécu au cours de cette étude indique bien que le manque de végétation pourrait être dû à la mortalité des plants et que l'implantation des végétaux est le problème principal si l'on veut réussir à utiliser les espèces d'origine locale. Les espèces employées lors des expériences de transplantation de 1975 ont été : *Agropyron dasystachyum*, *Deschampsia caespitosa*, *Festuca saximontana*, *Poa arctica*, *Poa alpina*, *Stipo columbiana* et *Trisetum spicatum*. D'autres transplantations effectuées en 1976 seront examinées ultérieurement.

Les problèmes interdisant la production agronomique à grande échelle de graines de graminées locales sont les suivants : éclatement des cosses, faibles rendements, barbelures et crins, floraison intermittente, faible fertilité et maturation inégale. Certains de ces problèmes peuvent être résolus grâce à des améliorations génétiques, d'autres grâce à une technologie et l'ingénierie agronomique. Le chiendent ténu (*Agropyron trachycaulum*) et le chiendent nordique (*Agropyron dasystachyum*) sont deux espèces remarquables qui offrent les plus grandes possibilités d'utilisation.

Les hybrides obtenus en entrecroisant des génotypes et sélectionnés provenant de différentes régions géographiques à l'intérieur même des espèces, peuvent être utilisés au développement des variétés à facteur élevé d'adaptabilité. Le développement de variétés synthétiques ou multilignes est extrêmement important en matière de reconstitution de la flore dans des conditions d'environnement très diverses. Cependant, il ne faut pas se cacher que le développement de semblables variétés demande huit à dix ans. Parmi les espèces d'*Agropyron* étudiées, l'*Agropyron dasystachum*, l'*Agropyron trachycaulum*, l'*Agropyron latiglume* et l'*Agropyron subsecundum* sont jugées excellentes pour le développement de variétés.

En 1975, environ un cinquième d'acre a été ensemencé avec chacune des huit espèces de graminées locales recueillies dans des parcelles à Ellerslie, près d'Edmonton. Ces huit espèces étaient : *Agropyron dasystachum* (chiendent nordique), *Festuca idahoensis* (fétuque de l'Idaho), *Agropyron subsecundum* (chiendent barbu), *Agropyron trachycaulum* (chiendent ténu), *Koeleria cristata* (pâturin des prés), *Phleum alpinum* (fléole alpine), *Trisetum spicatum* (trisète Spike), *Stipa columbiana* (stipa sub-alpine). Toutes ces graines ont gerné et l'on attend une première production de semences en 1977.

Walker, D., R.S. Sadasiviah et J. Weijer, 1977

Les auteurs ont recommandé que soient poursuivis les essais de génotypes sélectionnés d'espèces locales prometteuses pour les terrains montagneux et que soient définies les techniques d'assistance à la réussite et l'implantation des semences locales, telles que celles du paillage et de la préparation de lits de semis.

1. WEIN, R.W. et D.A. MacLEAN

2. 1973

3. Cotton grass (*Eriophorum vaginatum*) germination requirements and colonizing potential in the Arctic.

   (Conditions de germination de la linaigrette engraînée (*Eriophorum vaginatum*) et possibilités de sa colonisation dans les régions arctiques).

4. Journal Canadien de Botanique (Canadian Journal of Botany) 51 : 2509 - 2513

5. Original

6. a. Alaska, Yukon, district du Mackenzie; taïga centrale de l'Alaska, toundra de l'Alaska, toundra canadienne.

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest; routes.

7. Les conditions requises pour la germination de la linaigrette engraînée (*Eriophorym vaginatum*) ont été constatées en utilisant des graines recueillies en Alaska (au nord de Fairbanks et à Prudhoe Bay), au Yukon (Rat River) et dans les Territoires du Nord-Ouest (Tyktoyaktuk et régions brûlées et non brûlées proches d'Inuvik).

D'une année à l'autre, la floraison est irrégulière et la production des graines connaît de fortes variations. La production maxima a été de 15 kg 7 à l'hectare sur un terrain brûlé près d'Inuvik (4 fois plus que sur terrain non-brûlé) et de 8 kg 6/hectare sur un terrain non perturbé à Tuktoyaktuk.

Les températures optimales de germination sont proches de 30° C. avec un minimum proche de 15° C et une température maximale critique de 35° C. - la graine de la linaigrette ne possède aucun mécanisme interne lui permettant de survivre au feu. La germination se produit à la température optima dans une période de 10 jours, dont 90% dans les trois premiers jours.

La linaigrette arctique semble adaptée à ne germer que dans un sol de surface où la température est suffisamment élevée en été. Il s'agit probablement là d'un phénomène de protection contre une germination prématurée au cours du bref été arctique. Un traitement par la lumière favorise la germination mais n'a pas semblé une exigence absolue. Sans lumière, le pourcentage de germination décroît considérablement, par exemple 42% seulement en 11 jours d'incubation dans le noir.

Wein, R.W. et D.S. MacLean, 1973

La linaigrette s'est révélée plus tolérante à la sécheresse que les *Arctagrostis latifolia*, *Calamagrostis canadensis* et *Festuca brachyphylla*, mais moins que les *Poa lanata*. Ces espèces sont celles qui envahissent les terrains perturbés de la toundra, et la linaigrette germe mieux que la plupart d'entre elles dans des conditions d'humidité peu favorables.

On n'a pas trouvé preuve d'un sommeil prolongé des semences ni que celles-ci aient perdu leur viabilité pendant l'emmagasinage. Dans un cas, la perte a été élevée après 10 mois passés à température de chambre, dans un autre cas 52,5% des semences restaient viables après 19 mois. Des semences à germination faible ont été recueillies au cours de cette étude en août et au début de septembre tandis que des semences à forte germination avaient été recueillies dans les deux semaines ayant suivi la dispersion initiale des graines. Les graines doivent donc être rassemblées dès que commence la dispersion (à Inuvik cela se produit au début de juillet). Les meilleurs rendements ont été observés sur des terrains perturbés tels que des terrains brûlés. Les graines semées en juillet germent comme elles le font dans la nature, mais celles semées en août peuvent ne pas être suffisament développées pour affronter l'hiver. Les semences doivent être conservées au sec à des températures juste en-dessous du niveau du gel, jusqu'au moment où on en aura besoin.

La linaigrette est particulièrement utile pour les terrains humides où le sol minéral est exposé, par exemple pour les voies de drainage ou pour les terrains où la nappe d'eau reste proche de la surface du sol. Étant donné son faible rendement en graines par hectare, il convient de la réserver pour ensemencer les terrains humides et secondairement les terrains secs. Les sols de ces derniers deviennent plus froids au fur et à mesure que des matières organiques s'y accumulent avec le temps, et dans ces circonstances la linaigrette peut être un composant puissant au moment où les graminées et les autres herbes perdent de leur vigueur. Peu d'autres espèces sont susceptibles d'envahir les sols minéraux supersaturés pendant la plus grande partie de l'été.

La linaigrette ne supporte pas bien la concurrence du *Calamagrostis canadensis* dans les terrains perturbés ayant une petite couche de tourbe éclatée qui se dessèche pendant l'été. Dans les zones humides à substrat de tourbe, l'*Arctagrostis latifolia* et le *Senecio congestus* réussissent bien une première implantation. Là où de graves perturbations ont affecté un sol minéral très exposé l'*Epilobium angustifolium* et le *Calamagrostis canadensis* dominent très tôt. Ces deux espèces ne peuvent germer en conditions de sécheresse, mais sont plus tolérantes à la sécheresse pendant leur croissance que la linaigrette arctique.

1. WESTON, S.

2. 1973

3. Report on developments and progress in reclaiming waste dumps and tailings ponds.

   (Rapport sur les développements et les progrès dans la régénération de décharges de résidus et de bassins à déchets).

4. Western Miner 46 (8) : 29-37

5. Original

6. a. Canada

   b. Yukon et Territoires du Nord-Ouest : morts-terrains, routes, résidus.

7. Les efforts tentés pour reconstituer une flore sur les décharges de résidus et les bassins à déchets ont fréquemment échoués en raison de certaines erreurs commises dans l'approche de l'implantation. Les résidus et les déchets miniers n'ont que très peu de ressemblance avec les terres de culture. Ces dernières par définition possèdent trois éléments caractéristiques : (1) une masse minérale qui contient des éléments nutritifs provenant de la décomposition des matériaux originels; (2) des matières organiques, dont une partie sous forme d'humus, enfin (3) leur sol renferme des micro-organismes vivants. Les résidus miniers ne possèdent aucune de ces caractéristiques et posent donc des problèmes particuliers. Cependant, d'après l'expérience que possède l'auteur, aucune des propriétés phytotoxiques rencontrées dans les résidus ne sont impossibles à corrigées.

L'auteur indique qu'au plan économique, la régénération des résidus miniers est valable. Le temps revêtant une importance majeure, l'emploi d'avions pour effectuer les semis et la fertilisation est conseillé chaque fois que possible. On est ainsi assuré que l'ensemencement se fait exactement à la meilleure époque. La motoculture au sol est moins souhaitable en raison des difficultés d'accès à date exacte d'un ensemencement plus faible et enfin du prix. L'avion se montre supérieur aux hydro-semeurs et aux semeurs manuels car il assure une distribution plus égale des graines et des engrais. Les semailles d'automne, spécialement dans les régions qui souffrent de la sécheresse sont celles qui permettent de profiter des avantages de l'humidité du printemps suivant pour la germination.

On ne recommande pas le paillage, la terre de couverture ni les stabilisateurs physiques ou chimiques. Le paillage ne procure qu'une aide provisoire, et il est plus économique d'augmenter les taux de semences

Weston, S., 1973

et d'engrais. Le paillage n'est indispensable que lorsque les conditions climatiques hostiles prévalent pendant une très longue période. Un choix minutieux du moment, un ensemencement par avion et l'emploi de semences d'espèces à germination rapide peuvent réduire l'importance des conditions climatiques adverses et le prix élevé des anciennes méthodes de culture.

Le remplacement de la couche de terre de surface n'apporte pas forcément la meilleure réponse aux problèmes posés car les racines peuvent ne pas pénétrer dans les résidus situés sous cette terre. On peut évidemment créer une couverture peu profonde mais elle sera facilement sujette à l'érosion. Les agents chimiques de stabilisation peuvent se révéler indésirables car les graines de légumineuses inoculées risquent de ne pas survivre si on les mélange à des stabilisateurs chimiques.

Des rapports sur des projets de reconstitution de la flore dans l'Est du Canada montrent qu'une approche agricole a été employée pour régénérer des décharges de résidus, mais à un prix très élevé. Il convient de pratiquer une nouvelle approche, en employant les détritus tels qu'ils existent, quitte à les amender par l'apport d'éléments nutritifs. Comme exemple de cette approche, l'auteur a préparé les plans pour une régénération de 312 acres entreprise par la Placer Development Limited en Colombie-Britannique. Les mesures essentielles ont été : examen du terrain, analyses physiques et chimiques des résidus en ce qui concerne les niveaux d'azote, phosphate, potasse, calcium, magnésium, pH, conductivité électrolytique et texture des résidus miniers.

L'absence de matière organique dans les résidus signifie qu'ils n'ont pas la capacité d'agir en tant que tampons pour modifier le pH. - De faibles quantités de matériaux acides affecteront les valeurs du pH davantage que dans des sols normaux où les matières organiques absorbent les anions et les cations.

Les mélanges de semences doivent être conçus pour une zone donnée, en employant des plantes possédant des systèmes de racines différents afin d'assurer une capacité maxima de retenue au sol. L'ivraie annuelle a été employée au cours de cette étude en tant que végétation de protection du peuplement en raison de sa faculté de germination rapide, assurant un contrôle précoce de la surface du sol. Elle permet aussi aux espèces à germination lente de s'implanter tranquillement. Le mélange a été composé de fétuque boréale, chiendent huppé, chiendent poilu, chiendent des berges, chiendent ténu, trèfle rampant et luzerne. Une caractéristique importante de ce type de mélange est que la luzerne et le trèfle possèdent un pourcentage élevé de graines dures qui ne germent que plusieurs mois après les semailles et constituent ainsi une sauvegarde contre les conditions climatiques adverses pouvant survenir au moment de l'ensemencement.

Weston, S., 1973

Tant que, par leur pouvoir de consolidation du sol, les graminées et les légumineuses n'auront pas été capables de créer des conditions raisonnables de qualité du sol, il convient de déférer la plantation d'arbres. Des engrais doivent être ajoutés aux résidus miniers là et quand la situation l'exige dans la mesure où leur emploi est économiquement possible, en tous cas au moins pendant les deux ou trois premières années. Il faut se souvenir que les engrais ne sont d'aucune utilité tant que les racines ne sont pas en cours de développement. Le coût de l'épandage d'engrais par avion ou manuellement est sensiblement le même, aussi, seul l'emplacement du terrain peut déterminer le choix du procédé.

Avant d'entreprendre l'ensemencement, les réactifs chimiques employés dans le traitement des minerais doivent avoir été lessivés des haldes. On recommande d'arroser au jet avec de l'eau pure pour enlever tous les résidus chimiques qui n'auraient pas été recyclés en usine.

Le prix d'une reconstitution de la flore varie selon l'emplacement des terrains, les sortes de semences et d'engrais utilisés, si la croûte de surface des haldes exige d'être éventrée avant l'ensemencement, si d'autres travaux de préparation du sol sont nécessaires, si un réseau d'irrigation doit être installé provisoirement et enfin selon le prix des engrais d'entretien. Dans la zone étudiée, on estime qu'il faudra effectuer cinq applications d'engrais au taux de 200 livres/acre.

De l'expérience acquise par l'auteur sur des sols stériles de l'Est et de l'Ouest du Canada, il ressort que le processus de constitution du sol s'effectue rapidement, et que les zones de résidus et les haldes récupérées peuvent devenir productives dans les trois ans suivant le début des travaux de régénération.

1. WILLARD, B.E. et J.W. MARR

2. 1971

3. Recovery of alpine tundra under protection after damage by human activities in the Rocky Mountains of Colorado.

   (Régénération de toundra alpine protégée après des dommages causés par des activités humaines dans les Montagnes Rocheuses du Colorado).

4. Biological Conservation 3 : 181-190

5. Original

6. a. Colorado; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine; routes.

7. Cette étude décrit le procédé et les taux employés dans la régénération d'une toundra alpine lorsque sa protection a été décidée après son endommagement par les piétinements de visiteurs. Ces piétinements tuent la végétation et engendrent le début de processus d'érosion qui risquent d'arracher toute végétation ainsi que les particules fines organiques et minérales.

On a trouvé que grâce à un réseau de clôtures, la reconstitution de la végétation piétinée pendant une année pouvait s'effectuer presque complètement si on lui accordait une période de quatre années pour récupération complète. Une zone qui avait été piétinée pendant 26 ans a eu une croissance végétale accrue en employant comme espèce dominante des *Kobresia myosuroides*. Cependant une autre zone qui avait été piétinée pendant 38 ans n'a montré aucun symptôme d'amélioration au cours de quatre années durant lesquelles on l'a protégée avec des clôtures.

Malgré la régénération obtenue rapidement grâce à l'emploi de certaines espèces végétales les auteurs déduisent de leur étude et d'autres études que l'intervalle de temps exigé par les processus écologiques pour produire un écosystème persistant et naturel pourrait bien être, dans certaines zones piétinées, de plusieurs centaines d'années sinon de mille ans.

1. WILSON, H.A.

2. 1957

3. Effect of vegetation upon aggregation in strip mine spoils.

   (Effet de la végétation sur l'agrégation des déblais dans les mines à ciel-ouvert).

4. Soil Science Society of America Proceedings 21 : 637-640

5. Original

6. a. Virginie Occidentale; Forêt de l'Est

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains.

7. Cette étude menée dans le nord de la Virginie occidentale a cherché à déterminer si l'on trouvait des agrégats dans un terril de charbon vieux de dix ans, avec et sans végétation, et à comparer le degré d'agrégation avec celui qu'on pourrait trouver dans un sol adjacent n'ayant pas été miné ainsi que dans celui de deux haldes de mines de fer vieilles de 100 ans, recouvertes d'arbres et de plantes herbacées.

Les résultats ont montré que la partie portant végétation était mieux agrégée que la partie n'en portant pas. Toutefois l'agrégation dans la partie couverte de végétation du terril charbonnier était plus faible que dans le sol non perturbé.

Le genre de végétation implantée dans les déblais exerce autant d'effet sur l'agrégation de la terre. Une bonne couverture de graminées et de légumineuses fourragères a un pouvoir agrégatif supérieur à celui d'une couverture d'acacias par exemple, cette dernière étant plus efficace qu'une couverture de pins. Toutefois un délai de dix ans est trop court pour que des déblais miniers recouverts de graminées ou d'herbacées soient aussi bien agrégés que les sols adjacents n'ayant pas subi de perturbation. Les haldes d'une mine de fer vieille de cent ans, n'étaient pas aussi bien agrégés que les terres voisines non déchiquetées par l'exploitation minière.

1. WISTRAND, G.

2. 1976

3. Nya iakttagelser över gräsinsa ningarna vid Silvervägen i Arjeplog. (The artificially sown roadbanks along the Graddis Road, No. Sweden)

   (Les bas-côtés semés artificiellement le long de la route Graddis dans le Nord de la Suède).

4. Svensk Botaniska Tidskrift 70 : 155-163

5. Résumé par l'auteur

6. a. Suède : Hautes terres de Fennoscandie

   b. Région alpine, sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional, routes.

7. Cet article relate le développement d'une couverture végétale sur les bas-côtés de la route Graddis (construite de 1964 à 1974) qui traverse la région de haute-montagne d'Arjeplog (Pite Lappmark, Suède du Nord). Les banquettes ont été ensemencées avec un mélange de graines de graminées. Les observations montrent que la *Festuca rubra* a dominé de plus en plus, mais que cette tendance était moins marquée sur sol humide ou argileux. La flore apopytique des bas-côtés est relativement pauvre en espèces et le nombre de plantes réduit, excepté en certains endroits où les bois de bouleaux voisins sont particulièrement riches en herbacées. Les semences introduites en même temps que les graminées ne sont pas, dans leur ensemble, originaires de la région et disparaissent fréquemment au bout d'une ou de quelques années. Cependant, le *Trifolium hibridum* réussit souvent à survivre et peut même donner lieu à une forte implantation. Des plantes disséminées de plusieurs autres espèces sont susceptibles de survivre pendant plusieurs années. Les mauvaises herbes originaires d'habitats rudéraux (chantiers, etc.) situés dans la région montrent une forte tendance à s'implanter d'elles-mêmes dans le gazon et peuvent même se répandre dans la végétation naturelle avoisinant la route.

1. YOUNKIN, W.E.

2. 1972

3. Revegetation studies of disturbances in the Mackenzie Delta region.

   (Etudes de reconstitution de la flore sur des terrains perturbés de la région du delta du fleuve Mackenzie).

4. In : L.C. Bliss et R.W. Wein, Editeurs. Botanical studies of Natural and Man-Modified Habitats in the Eastern Mackenzie Delta Région and the Arctic Islands, Programme de recherches sur l'utilisation des terres arctiques, ministère des Affaires indiennes et du Nord, Ottawa. ALUR 71-72-14, p. 175-228

5. Original

6. a. District du Mackenzie; toundra canadienne

   b. Région du delta du Mackenzie, côte du Yukon; routes.

7. Ce rapport examine la possibilité d'employer des espèces agronomiques pour le réensemencement de terrains perturbés. Des plantations d'essai ont été effectuées à Inuvik, Tununuk Point et Tuktoyaktuk en 1970 et 1971. Un certain nombre de conclusions et de recommandations peuvent être faites sur la base de ces expériences :

La meilleure époque de plantation se situe au tout début du printemps avant la fonte complète des neiges, car l'humidité est alors suffisante pour assurer une bonne germination et l'implantation des jeunes pousses. Il est également possible de semer en automne, juste avant ou juste après la première chute de neige, mais dans ce cas les semences dormiront jusqu'à la fonte des neiges du printemps. Un micro-environnement de plus en plus froid du sol lorsqu'on va plus au nord, - particulièrement en ce qui concerne les terres végétales, - détermine une productivité moindre et une implantation végétale plus ténue. En conséquence, l'ensemencement doit s'effectuer progressivement de plus en plus tard à latitudes croissantes.

Lors des essais d'engrais, on a trouvé qu'une combinaison de 100 kg/hectare d'azote élémentaire avec 200 kg/ha de phosphore élémentaire constitue le meilleur des engrais tant pour la terre végétale que pour la terre minérale. Cent kg/ha de phosphore élémentaire seul étaient meilleurs pour la terre organique. Sur la base coût/profit un rapport azote/ phosphore de 1:1 constitue probablement le meilleur traitement fertilisant. Il donne des résultats comparables à ceux qu'on obtient avec un rapport azote/ phosphore de 1:2.

Younkin, W.E., 1972

La production de graines de semences a été augmentée par l'application de phosphore seul ou combiné avec de l'azote ou de la chaux, et ceci a paru évident pour le vulpin des prés, le chiendent ténu, le pâturin du Canada, le pâturin des prés et la fléole. Si la semence est viable l'application de phosphore constitue un bon moyen d'augmenter l'auto-entretien des espèces introduites.

Les espèces ayant donné la plus forte productivité ont été la fléole, le vulpin des prés et le chiendent ténu. Voici celles qui ont fourni la plus forte couverture végétale : la fétuque rouge, le pâturin des prés et le pâturin du Canada. Cette dernière n'a donné qu'une couverture modeste la première année, mais dense dès la seconde.

Les mélanges d'espèces sont recommandés car leurs combinaisons élargissent la gamme des micro-environnements susceptibles d'aider la pousse de bonnes semences. Un mélange approprié combine les espèces à pousse rapide mais moins robustes avec les espèces plus vigoureuses mais à croissance plus lente. Le millet faux-roseau et le dactyle aggloméré procurent de bonnes cultures de protection lorsqu'ils sont mélangés à plusieurs espèces de graminées robustes.

D'anciennes lignes sismiques se trouvant dans la zone soumise à l'étude ont eu leur flore reconstituée au moyen de deux espèces de graminées locales : l'*Arctagrostis latifolia* et le *Calamogrostis canadensis*. Ces graminées ne dominent pas dans les communautés végétales non perturbées mais rapidement sur les terrains perturbés, même en partant de quelques graines seulement.

1. YOUNKIN, W.E.

2. 1973

3. Autecological studies of native species potentially useful for revegetation, Tuktoyaktuk region, N.W.T.

   (Analyses auto-écologiques d'espèces végétales originaires de la région et susceptibles de servir à une reconstitution de la flore, région de Tuktoyaktuk, Territoires du Nord-Ouest).

4. In : L.C. Bliss, Éditeur : Études botaniques d'habitats naturels et modifiés par l'homme dans la vallée du Mackenzie, la région orientale du delta du Mackenzie et les îles arctiques. Programme de recherches sur l'utilisation des terres arctiques, Affaires indiennes et nordiques, ALUR 72-73-14 et Environmental-Social Committee Northern Pipelines, Task Force on Northern Oil development Report 73-74, p. 45-76.

5. Original

6. a. District du Mackenzie; toundra canadienne

   b. Région du delta du Mackenzie, côte du Yukon; routes.

7. Cette étude a analysé les potentialités de certaines espèces locales en matière de reconstitution de la végétation. Elle s'est spécialement occupée du *Calamogrostis canadensis* et de l'*Arctagrostis latifolia* qu'on a pu observer dans des régions perturbées naturellement réensemencées. L'étude a également défini les différences existant dans le micro-environnement entre la toundra perturbée et la toundra voisine encore intacte de la région de Tuktoyaktuk.

De cette étude on a pu tirer quelques conclusions données à titre de suggestions :

1. Les deux espèces importantes pour une colonisation végétale, l'*Arctagrostis latifolia* et le *Calamagrostis canadensis* sont sans importance dans la toundra non perturbée, mais procurent de bonnes sources de semences ayant la capacité de germer dans une large gamme de conditions d'humidité et de température.

2. D'autres espèces locales essayées, telles que *Betula nana*, *Eriophorum vaginatum* et *Carex bigelowii*, quoique fournissant des sources de semences abondantes, ont révélé soit une faible viabilité, soit de la difficulté à germer.

Younkin, W.E., 1973

3. L'*Arctagrostis latifolia* pousse lentement la première année mais passe bien l'hiver et sa croissance est rapide la seconde année, lançant des rhizomes rampants qui portent de 5 à 7 pieds par plante.

4. Les plants mûrs d'*Arctagrostis* et de *Calamagrostis* émettent des rhizomes rampants qui aident à une rapide colonisation végétale des zones perturbées.

5. L'*Arctagrostis* est mieux adapté que le *Calamagrostis* à pousser dans des sols froids riches en éléments nutritifs. Il produit un réseau de racines plus important qui pénètre plus profondément dans les sols froids.

6. Le micro-environnement des lignes sismiques de 1965 diffère de celui de la toundra voisine sur plusieurs points :

a) La neige s'accumule davantage et reste plus longtemps dans les lignes sismiques;

b) La surface des lignes sismiques est à 45cm ou 65cm en-dessous de la surface de la toundra voisine;

c) Les températures du sol dans les 10cm supérieurs des lignes sismiques sont de 2^0 à 3^0 plus élevées que dans les monticules non perturbés, et de 4 à 8^0 plus élevées que dans les creux;

d) La couche active est de 10 à 20cm plus épaisse que dans les monticules non perturbés et de 20 à 30cm que dans les creux;

e) Dans la toundra non perturbée, la couche de tourbe est plus importante que la végétation pour empêcher la fonte du pergélisol.

Dans la toundra non perturbée, le *Calamagrostis canadensis* revêt une importance écologique plus grande que l'*Arctagrostis latifolia*. Il peut survivre dans des sols superficiellement ou profondément dégelés, et aussi bien dans des conditions d'humidité que de sécheresse. La *calamagrostis* pousse sur des sols minéraux ou organiques, mais le plus souvent sur des sols tourbeux. On estime que son manque de vigueur dans la toundra non perturbée indique qu'il est proche de sa limite de tolérance, et que la survie de l'espèce peut dépendre des perturbations survenant sur la toundra. L'*Arctagrostis latifolia*, bien que du cercle polaire, n'a qu'une étroite gamme de tolérance et ne vit qu'au-dessus de 55^0 parallèle N. Il acquiert de l'importance dans des environnements secs ou humides où la couche active est supérieure à 35cm. Des deux espèces c'est elle la mieux adaptée aux environnements arctiques.

Younkin, W.E., 1973

D'autres espèces colonisatrices de moindre importance telles que l'*Epilibium angustifolium* et le *Senecio congestus* se trouvent rarement dans les communautés végétales de la toundra non perturbée. Des espèces importantes dans les régions non perturbées telles que la *Betula nana*, le *Carex bigelowii* et l'*Eriophorum vaginatum* produisent de grandes quantités de graines, mais celles-ci ou ne sont pas viables ou ont une germination difficile.

L'inclusion d'*Arctagrostis* et de *Calamagrostis* dans les programmes de reconstitution de la flore semble appropriée puisque ces espèces possèdent un bon potentiel génétique de croissance dans les conditions arctiques normales et qu'elles sont suffisamment adaptées à supporter des conditions climatiques extrêmes qui élimineraient d'autres espèces.

En ce qui concerne ces deux espèces de graminées, il convient d'effectuer encore d'autres recherches. Notamment : 1) il faut déterminer s'il est possible de les cultiver à des latitudes inférieures où des terrains de culture et des machines agricoles permettraient une grande production de graines de semences. 2) On devrait récolter des graines sous différentes latitudes le long du tracé proposé pour le futur oléoduc, afin de repérer et d'essayer différents écotypes en vue d'un programme futur de reconstitution de la végétation.

1. YOUNKIN, W.E.

2. 1974

3. Ecological studies of *Arctagrostis latifolia* (R. Br.) Griseb. and *Calamogrostis canadensis* (Michx.) Bauv. in relation to their colonization potential in disturbed areas, Tuktoyaktuk Peninsula region, N.W.T.

   (Études écologiques de l'*Arctagrostis latifolia* (R. Br.) Griseb. et du *Calamagrostis canadensis* (Michx.) Bauv., en relation avec leur possibilités de colonisation végétale dans des régions perturbées, région de la péninsule Tuktoyaktuk, Territoires du Nord-Ouest).

4. Université de l'Alberta, Edmonton. Thèse de Ph.D, 148 p.

5. Original

6. a. District du Mackenzie : toundra canadienne

   b. Région du delta du Mackenzie, côte du Yukon; routes.

7. On a étudié l'*Arctagrostis latifolia* et le *Calamagrostis canadensis* pour étudier les facteurs influençant leur répartition et leur importance dans les communautés végétales de la toundra perturbée et non perturbée de la péninsule Tuktoyaktuk,

L'*Arctagrostis* est réparti tout au long du cercle polaire et on le trouve, du sud au nord, entre le 55^0 et le 85^0 parallèle. Le *Calamagrostis* est une espèce arctique-boréale qu'on ne trouve que sur le continent Nord-Américain, entre le 35^0 et le 70^0 parallèle. Il en existe plus de 100 espèces alors qu'il n'y a que trois espèces distinctes d'*Arctagrostis*.

Dans les habitats non perturbés, on trouve le *Calamagrostis* aussi bien dans des régions imparfaitement draînées que dans celles modérément bien draînées. Il apparaît principalement sous forme de faibles touffes à feuilles chlorotiques comportant peu de tiges fleuries. Quant à l'*Arctagrostis*, on le trouve dans quelques habitats non perturbés mais il apparaît dans des sols mal draînés où la couche active à plus de 35cm d'épaisseur. Ces deux espèces ne sont que des composants mineurs dans les régions non perturbées où elles ne représentent qu'environ 1% de la couverture végétale totale.

Ces deux graminées sont d'importants colonisateurs végétaux partout sauf sur les habitats perturbés les plus humides. Leur couverture dans les régions perturbées dépasse de 30 à 80 fois celle des habitats non perturbés, (*Betula nana* ssp. *exilis*, *Salix glauca*, *Eriophorum vaginatum*,

Younkin, W.E., 1974

Vaccinium vitis-idaea et *Lupinus arcticus*) envahissent les terrains perturbés beaucoup plus lentement et produisent rarement le même degré de couverture végétale que les deux espèces en question. La production annuelle nette d'humus de ces deux graminées a été mesurée sur une zone perturbée. Elle a atteint 280 g. au mètre carré, soit cinq fois plus que celle de la toundra voisine non perturbée.

La forme de valeur nutritive des sols perturbés a paru légèrement différente de celle des sols non perturbés. Ces derniers possèdent un contenu organique important, tandis que les sols perturbés sont surtout des sols minéraux. La perturbation enlève la matière organique hautement nutritive, mais cet enlèvement est compensé par une forte augmentation de la couche active qui accroît le réservoir d'éléments nutritifs disponibles. La température du sol et l'épaisseur de la couche active augmentent énormément avec la perturbation. La croissance des plantes dans les zones perturbées révèle des concentrations accrues d'azote et de phosphore et moins de contraintes provenant de l'eau présente dans le tissu végétal.

L'*Arctagrostis* se développe plus tôt que le *Calamagrostis*, donnant ses graines dès la mi-août alors que le *Calamagrostis* commence tout juste à fleurir. L'*Arctagrostis* est la plus grande et la plus vigoureuse des deux espèces et produit deux à trois fois plus de fleurs et de 50 à 150 fois plus de graines. Les graines de ces deux espèces colonisatrices sont plus viables et germent plus facilement que celles des espèces non colonisatrices. Toutefois elles représentent une plus faible source de semences en raison de leur quantité relativement réduite dans les habitats non perturbés. La germination de l'*Arctagrostis* est fortement affectée par les perturbations et par la position sur une pente; la rapidité et la perfection de la germination sont supérieures chez les semences récoltées sur des zones perturbées que sur des zones non perturbées, et supérieures à mi-pente ou sur des sommets de collines que dans des dépressions.

Sur les sols froids à faible teneur en éléments nutritifs, l'*Arctagrostis* produit un réseau de racines presque double de celui du *Calamagrostis*. Dans des chambres d'essais de croissance, les racines d'*Arctagrostis* ont réagi plus positivement que celles de *Calamagrostis* à des apports d'éléments nutritifs effectués à basse température. Si l'on compare les accumulations d'éléments nutritifs, le *Calamagrostis* révèle la plus forte accumulation d'azote et de phosphore par unité de masse biologique de racine, tandis que l'*Arctagrostis* est plus efficace en ce qui concerne l'accumulation de potassium. La faible disponibilité d'éléments nutritifs est l'un des facteurs majeurs de limitation de la croissance de ces graminées dans la toundra non perturbée. Aucune de ces espèces ne semble bien adaptée à la recherche d'éléments nutritifs dans l'horizon supérieur du sol, le plus chaud, où la plus grande partie des racines sont concentrées. Pour l'extraction des éléments

Younkin W.E., 1974

nutritifs elles restent dépendantes de la profondeur du sol et de la tolérance de leurs racines aux basses températures du sol. L'*Arctagrostis* plus tolérant au froid mais possédant un réseau de racines moins efficaces est plus restreint dans sa répartition aux zones de dégel profond. La *Calamagrostis* qui, des deux possède la meilleure faculté d'accumulation d'éléments nutritifs, se défend bien dans les sols superficiels, ce qui augmente le nombre d'habitats mis à sa disposition.

En résumé toute perturbation survenant dans une communauté végétale de toundra provoque un réchauffement du sol, une augmentation du volume de ce sol et des éléments nutritifs, d'où il résulte que ces zones sont envahies par des graines de petite taille, mobiles et hautement viables de graminées des deux espèces étudiées. La production de graines vigoureuses, la croissance rapide et le déploiement des rhizomes provoquent une colonisation relativement rapide. La production rapide d'une masse biologique assure l'isolation des sols, permettant la remontée du pergélisol. C'est ainsi que la zone perturbée devient un habitat pour des brousailles, des arbustes à feuilles caduques et des arbustes à feuilles persistantes.

1. YOUNKIN, W.E.

2. 1976

3. Introduction

   (Introduction)

4. In : W.E. Younkin, Éditeur : Études de reconstitution de la flore dans la région nordique de la vallée du Mackenzie, préparées par Northern-Engineering Services Company Limited for Canadian Arctic Gas Study Limited, série des rapports biologiques, volume trente-huit, chapitre 1. 6 p.

5. Original

6. a. District du Mackenzie : taïga canadienne, toundra canadienne.

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, région du delta du Mackenzie, toundra continentale, côte du Yukon, Yukon septentrional, Yukon méridional : routes.

7. Les premières études de reconstitution de la flore entreprises par la Northern Engineering Services Compnay Limited en 1971 ont souligné que la reconstitution de la végétation était un excellent moyen de retarder l'érosion thermique ou de réduire l'endommagement esthétique provoqué par les excavations de la recherche pétrolière ou des réseaux de distribution. En conséquence, la plupart des recherches ont été axées sur la sélection d'espèces végétales et de combinaisons d'engrais permettant d'assurer une couverture végétale relativement rapide et de longue durée au moyen de graminées agronomiques. Cependant, ces mêmes recherches ont révélé que la reconstitution végétale ne pouvait à elle seule, empêcher ou retarder sérieusement l'érosion thermique après la destruction du tapis isolant naturel et que l'implantation d'une couverture épaisse de graminées agronomiques sur les zones perturbées pouvait empêcher la réimplantation d'une végétation locale mieux adaptée et plus souhaitable sur le plan écologique, Généralement, les objectifs d'une reconstitution de la flore visent à préciser comment s'effectue le processus naturel de régénération. Aussi les objectifs de reconstitution sont-ils grosso modo de trouver et d'évaluer les moyens : (1) de stabiliser les zones perturbées pour empêcher l'érosion alluviale, et (2) d'aider les zones perturbées à retrouver une situation de stabilité auto-entretenue.

Deux sortes d'érosion se produisent dant les régions de pergélisol : (1) l'érosion thermique, où la glace du sol se met à fondre entraînant des effondrements et l'écoulement des pentes, et (2) l'érosion alluviale, au cours de laquelle la terre est enlevée par les eaux coulant à la

surface. Étant donné que le rude environnement arctique fait obstacle à l'implantation rapide d'une couverture végétale, aucun de ces deux type d'érosion ne peut être arrêté par la seule reconstitution d'une flore. La plupart des érosions thermiques, et sur les pentes abruptes certaines des érosions alluviales surviennent au cours de la première année qui suit la perturbation et avant qu'une couverture végétale de protection ait pu être implantée. C'est pourquoi une protection adéquate contre l'érosion, particulièrement pendant les premières années, requiert une intégration des mesures biologiques et mécaniques destinées au contrôle de l'érosion. Des mesures mécaniques sont indispensables pour assurer la stabilisation initiale de la surface et de la sous-surface tandis que la couverture végétale est en cours d'implantation. A temps, cette couverture végétale réduira, et espère-t-on, évitera dans bien des zones le recours à des moyens mécaniques de contrôle des érosions.

Dans les zones à faible érosion, le premier objectif de toute reconstitution de la flore est d'encourager la régénération naturelle. Ceci demande des informations sur : (1) les taux et processus de la régénération naturelle et (2) les méthodes propres à modifier les zones perturbées pour accélérer les processus naturels de récupération. Les études effectuées sur des espèces locales (*Arctagrostis latifolia* et *Calamagrostis canadensis*) ont démontré que produisant une faible couverture végétale dans beaucoup de terres non perturbées, ces deux espèces sont parmi les toutes premières à envahir et à coloniser les régions perturbées. Ces deux espèces colonisatrices sont bien adaptées à l'environnement nordique et il semble logique de les inclure dans tout programme d'ensemencement visant à la fois l'implantation à long-terme d'une végétation et l'aide à un processus de régénération naturelle. En 1973 la Northern Engineering Services Company Limited a entrepris des études sur ces espèces, prévoyant de les inclure dans son programme d'augmentation de la production de semences.

1. YOUNKIN, W.E.

2. 1976

3. Preliminary pipeline revegetation specifications for the Mackenzie Valley region, N.W.T.

   (Spécification préliminaire pour la reconstitution de la flore sur un oléoduc dans la région de la vallée du Mackenzie, Territoires du Nord-Ouest).

4. In : W.E. Younkin, Éditeur. Études de reconstitution de la flore dans la région septentrionale de la vallée du Mackenzie, préparées par la Northern Engineering Services Company Limited pour le compte de Canadian Arctic Gas Study Limited, série de rapports biologiques, volume trente-huit, chapitre IV, 23 p.

5. Original

6. a. District du Mackenzie : taïga canadienne, toundra canadienne.

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, région du delta du Mackenzie, toundra continentale, côte du Yukon, Yukon septentrional, Yukon méridional : routes.

7. Les spécifications du présent rapport ne sont que des préliminaires et seront affinées dès que des renseignements complémentaires seront disponibles. Ce rapport constitue une revue des informations actuellement disponibles sur les essais d'espèces végétales et d'engrais effectués sur la Plaine arctique côtière et le long de la vallée du fleuve Mackenzie. Bien qu'une grande quantité de recherches aient été effectuées par différents enquêteurs, il convient de ne faire des comparaisons directes qu'avec précaution en ce qui concerne les données recueillies selon les paramètres de temps différents et en recourant à des méthodes différentes. De plus ces études sont menées depuis plus de six ans, et il convient de n'agir qu'avec précaution dès qu'il s'agit de prévoir le succès à long-terme de n'importe quel programme de reconstitution de végétation.

Dans les zones où ne se posent pas de problèmes d'érosion, l'objectif principal a été de rétablir les communautés végétales originelles. Dans ces zones, les taux élevés d'ensemencement et de fertilisation ne font que retarder la régénération végétale naturelle. En conséquence, les applications d'engrais doivent demeurer minimales et servir à encourager la végétation naturelle plutôt qu'à lui fournir un substitut.

D'un examen détaillé des résultats de reconstitution de la flore effectuée par Mitchell sur la plaine côtière de l'Alaska et par Dabbs, Hernandez, Younkin et leurs partenaires dans le district du Mackenzie

Younkin, W.E., 1976

et au Yukon septentrional, l'auteur a retenu 12 espèces et variétés qui ont démontré des possibilités d'être utilisées le long de différentes sections du tracé proposé pour le gazoduc. Il s'agit de l'agrostis (Reton, Smaragd), du jonc colonial (Astoria), du vulpin agreste (commun), du millet long faux-roseau (Frontier), de la fléole (Engmo), de la fétuque rouge rampante (Arctared, Boreal), de la fétuque ovine (Durar), du pâturin des prés (Nugget), du pâturin du Canada (Cannon) et du pâturin Upland (Draylar). Lorsqu'une marque n'est pas indiquée pour une espèce donnée, les résultats des essais d'espèces effectués à Beaverlodge, Alberta, ont servi de guide pour sélectionner le plus robuste. Toutes ces espèces sont recommandées par le ministère de l'Agriculture des États-Unis.

En ce qui concerne les espèces originaires de la région, les études menées par Mitchell pendant trois ans dans la région du Prudhoe Bay ont montré que les espèces de *Puccinellia*, l'*Arctagrostis latifolia*, le *Calamagrostis canadensis*, les espèces *Deschampsia* et le *Poa glauca* sont les plus vigoureuses et les meilleurs producteurs de couverture végétale. La seule espèce agronomique à avoir aussi bien réussi a été la fétuque rouge rampante Arctared, variété régionale qu'on peut se procurer commercialement. Dans la région Inuvik-Tuktoyaktuk des Territoires du Nord-Ouest, des études faites sur les deux graminées locales, l'*Arctagrostis latifolia* et le *Calamagrostis canadensis* ont montré que ces deux espèces résistaient bien à l'hiver et étaient fortement productives. Bien que des travaux soient actuellement accomplis pour le compte de la Canadian Arctic Gas Study Limited, de l'Alaskan Arctic Gas Study Company et du ministère des Affaires indiennes et du Nord pour parvenir à une augmentation de la production de semences de ces deux espèces, de nombreux problèmes relatifs aux mécanismes du sommeil et de la floraison ont besoin d'être résolus avant que les semences ne soient disponibles en quantités réellement commerciales. Le développement de la fourniture de graines locales constitue une part importante du programme de reconstitution de la flore dans l'arctique, cependant jusqu'à ce qu'une production réussie de semences ne soit réalisée, aucune de ces espèces ne peut être incluse dans les listes de semences.

En conséquence des différentes études faites sur les essais de mélanges de semences et d'engrais en Alaska et au Canada et que l'auteur passe en revue de façon détaillée dans ce rapport, des mesures préliminaires de reconstitution de la flore ont été recommandées pour le tracé proposé de l'oléoduc devant traverser la basse toundra arctique, les régions de la forêt de la toundra et celle de la forêt boréale. On trouvera à la page suivante le résumé de ces recommandations.

Younkin, W.E., 1976

	Caractéristiques des semences			
	Ensemencement initial		Semis suivants	
	Espèces	Taux (kg/ha)	Espèces	Taux (kg/ha)
A. BASSE TOUNDRA ARCTIQUE :				
Érosion forte	NKB	14	NKB	9
	ACRF	36	ACRF	19
	ET	6		
Érosion moyenne	ACRF	40	ACRF	19
	ET	6	NKB	9
	MF	6		
	RT	6		
Érosion faible	ET	12		
	MF	6	Aucun semis prévu	
	ACRF	10		
B. TOUNDRA FORESTIÈRE :				
Érosion forte	NKB	22	NKB	9
	ACRF	22	ACRF	19
	MF	11		
Érosion moyenne	ET	11	NKB	9
	MF	11	ACRF	19
	BCRF	34		
Érosion faible	BCRF	11	Aucun semis prévu	
	MF	17		
C. FORET BORÉALE :				
Érosion forte	BCRF	22	BCRF	17
	FRC	17	FRC	11
	SF	17		
Érosion moyenne	BCRF	22	BCRF	17
	FRC	11	FRC	11
	MF	11		
	CB	11		
Érosion faible	BCRF	6	Aucun semis prévu	
	MF	11		
	FRC	11		

NKB - Pâturin des prés Kentucky
ACRF - Fétuque rouge rampante Arctared
ET - Fléole Engmo
MF - fétuque des prés
RT - agrostis rose
SF - Fétuque ovine
BCRF - Fétuque rouge rampante boréale
CB - jonc rampant
FRC - millet long faux roseau

Younkin, W.E., 1976

Ces spécifications sur la reconstitution de la flore envisagent de remplacer l'herbe dans les régions de la basse toundra arctique à érosion moyenne et basse. Des tapis et branchages destinés à contrôler l'érosion sont prévus pour la catégorie "érosion forte" de chacune des trois régions climatiques.

Les mélanges de semences proposés sont généralement une combinaison d'espèces à implantation lente et résistantes à l'hiver avec des espèces à implantation plus rapide mais moins robustes en hiver, ceci afin de favoriser à la fois une protection immédiate contre l'érosion et la longévité de la couverture. Dans les régions à fort potentiel d'érosion les mélanges de semences se basent sur des espèces susceptibles de fournir une protection à long-terme. Dans les régions à potentiel d'érosion moyen, un mélange contenant différentes espèces sera semé en songeant surtout à une implantation rapide. Enfin les régions sujettes à une érosion faible seront ensemencées avec des espèces à vie courte mais s'établissant rapidement.

Un mélange d'engrais contenant : N, P_2O et K_2O appliqué aux taux de 56, 112 et 56 kg/ha, est recommandé pour toutes les régions perturbées soumise à érosion forte ou modérée. Les zones soumises à faible érosion et celles où des ensemencements successifs sont exigés recevront le même mélange d'engrais, mais à demi-dose. Une prémisse fondamentale pour décider de l'emploi d'un engrais est que la quantité minimale permettent la croissance normale des plantes soit spécifiée, afin d'éviter l'addition inutile d'éléments nutritifs dans des écosystèmes naturellement pauvres en ces éléments.

L'auteur recommande que l'ensemencement initial et la première application d'engrais s'effectuent pendant l'hiver, immédiatement après les opérations de nettoyage le long du tracé de l'oléoduc. Un ensemencement hivernal assure une répartition uniforme des semences et des engrais. Les semis d'hiver tirent également avantage des nombreux micro-habitats formés par les ramblais gelés et de l'humidité procurée par la fonte des neiges au début du printemps.

1. YOUNKIN, W.E. et W. FRIESEN

2. 1976

3. Sans Sault revegetation trials.

   (Essais de reconstitution de la végétation à Sans-Sault).

4. In : W.E. Younkin, Éditeur. Études de reconstitution de la flore dans la région nordique de la vallée du Mackenzie. Préparée par Northern Engineering Services Company Limited pour le compte de la Canadian Arctic Gas Study Limited. Série de rapports biologiques, volume trente-huit, chapitre II. 28 p.

5. Original

6. a. District du Mackenzie : taïga canadienne

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, Yukon méridional, Yukon septentrional routes.

7. Les terrains de Sans-Sault sont situés par $65^{0}40$ N de latitude N. et $128^{0}49$ de longitude Ouest. Depuis 1971, ils ont été le théâtre de plusieurs essais de reconstitution de la végétation. Ce rapport résume les mesures qui, jusqu'en 1975, ont permis de contrôler les succès : (1) l'ensemencement d'espèces agronomiques, (2) de la réinvasion par des espèces locales de terres de ramblais et de terre minérale exposée, (3) de quatre espèces agronomiques semées dans des sols sablonneux.

Sur les 18 espèces de graminées semées en 1971, ce sont le vulpin agreste et le millet faux roseau qui ont manifesté l'implantation la plus rapide, toutes deux procurant une couverture végétale d'environ 63% la première année. La couverture vivante de toutes les espèces essayées a décliné après 5 ans. La fétuque rouge rampante et la fétuque ovine ont le mieux conservé leur couverture mais toutes deux l'ont néanmoins réduite assez fortement au cours de la cinquième année. Les parcelles plantées de vulpin agreste ont alors produit la plus grande quantité de litière suivies par le pâturin et la fétuque rampante.

Le succès de la réinvasion par des espèces locales a apparu inversement proportionnel à la quantité de couverture végétale produite par les espèces semées. Par exemple, en 1975 la couverture totale des graminées semées se situait entre 85,4% pour le vulpin agreste à 2,3% pour le chiendent huppé. Sous ces graminées semées, la couverture de plantes locales était respectivement de 34% et de 99%.

Sur les sols sablonneux, les deux espèces ayant le mieux réussi en 1975 ont été le pâturin des prés et la fétuque rouge rampante.

Younkin, W.E. et W. FRIESEN, 1976

Des boutures d'arbustes plantées en septembre 1971 et en juin 1972 ont été contrôlées en août 1973 et 1974 pour connaître leur degré de survivance. Les saules (*salix alaxensis* et *Salix arbusculoides*) ont mieux réussi que les aulnes. Sur deux ou trois hivers, les saules ont généralement un taux de survivance de 90 à 100%. Les *Alnus crispa* sont tous morts dès le premier hiver et les *Alnus incana* n'ont survécu qu'à 60%.

Les boutures plantées en septembre (boutures de bois dur) ont eu un taux de survivance quelque peu meilleur que celles plantées en juin (bouture de bois tendre). A l'époque où ce rapport a été préparé, des essais en serre étaient destinés à permettre de connaître la réaction de 11 espèces d'arbustes nordiques aux différents régimes d'humidité et de traitements hormonaux. Des essais sur place dans les terrains nordiques étaient prévus pour l'été 1976.

Lorsqu'il s'est agi de classer les espèces par ordre d'importance pour leur pouvoir de retardement à l'érosion, on a pris en considération trois facteurs : (1) couverture dès la première année. Lorsque l'érosion se présente comme une possibilité sérieuse, la rapidité avec laquelle peut être implantée la couverture végétale est très importante. (2) Pourcentage de couverture végétale encore vivante au bout de cinq ans. Le chiffre indique la proportion des plantes qui seront encore productives et donne une idée de la longévité potentielle des différentes espèces. (3) Pourcentage total de couverture végétale au bout de cinq ans, combinant à la fois la couverture vivante et la couverture morte. Le chiffre donne une indication sur la protection potentielle contre l'érosion fournie par les différentes espèces. Après ces cinq années d'études effectuées sur les terrains d'essais, il apparaît que dans la région forestière boréale le vulpin agreste, le pâturin à oiseaux, le millet faux-roseau et la fétuque rouge rampante présentent la meilleure combinaison des trois facteurs précisés ci-dessus.

Des espèces comme le jonc colonial, la fétuque haute, l'agrostis rose et le pâturin commun assurent une couverture végétale de 30 à 50% la première année, puis commencent à dépérir, laissant la place à une réinvasion par les plantes locales. Ces espèces fournissent une couverture susceptible de réduire l'érosion, mais meurent suffisamment vite pour qu'au bout de cinq ans une couverture végétale d'origine purement locale soit implantée de 40 à 56% environ.

La plupart des graminées dont nous suggérons l'emploi sont des espèces des prairies, qui poussent bien dans des environnements un peu ou très humides, tels qu'on en trouve le long du tracé du futur gazoduc. La fétuque rampante et le pâturin des prés peuvent se révéler utiles sur les terrains mésoïques ou secs.

Younkin, W.E. et W. Friesen, 1976

Lorsqu'on étudie une route d'hiver, il faut savoir que le taux de fertilisation a un effet important sur la production de couverture végétale la première année mais que cet effet est réduit dès la seconde année et inexistant la troisième. Ceci laisse à penser que bien qu'utile pour la création rapide d'une couverture végétale, les taux d'engrais appliqués initialement n'ont que peu d'importance à long terme. Les auteurs concluent que si l'on exige une forte couverture végétale pour maintenir l'intégrité d'une voie de passage, il sera nécessaire de procéder à une nouvelle fertilisation, l'engrais le plus convenable étant celui qui contient une forte proportion d'azote. Dans les zones où il n'y a pas lieu d'entretenir de couverture végétale très dense (zones très peu soumises à érosion) l'usage d'ensemencements et d'engrais en fortes quantités est discutable. Les auteurs indiquent enfin qu'il faut obtenir davantage de renseignements sur les quantités minimales de semences et d'engrais nécessaires pour encourager la réinvasion naturelle des zones perturbées.

1. YOUNKIN, W.E. et H.E. MARTENS

2. 1976

3. Progress report on rig site seeding tests in the Mackenzie Delta région, N.W.T. (Rapport sur des essais d'ensemencement effectués sur des terrains dans la région du delta du Mackenzie, Territoire du Nord-Ouest).

4. In : W.E. Younkin, Editeur. Etudes de reconstitution de la flore dans la région nordique de la vallée du Mackenzie, préparées par Northern Engineering Services Company Limited pour le compte de la Canadian Arctic Gas Study Limited, série de rapports biologiques, volume trente-huit, chapitre III, 65 p.

5. Original

6. a. District du Mackenzie: toundra canadienne

   b. Côte du Yukon, région du delta du Mackenzie, toundra continentale; routes.

7. Le programme décrit dans ce rapport a commencé en 1973 comme une étude limitée aux problèmes logistiques et opérationnels liés à l'ensemencement par avion de terrains nordiques très éloignés. Les mélanges de graines de semences choisies pour les premières études de reconstitution de la végétation combinaient des variétés résistantes à l'hiver mais d'implantation lente, et des variétés de graminées moins robustes déterminées à la suite d'essais effectués dans la région. A la suite de ces études il a paru évident que des mélanges complémentaires de semences seraient nécessaires pour faire face aux conditions variées de l'environnement, et le programme a été graduellement étendu à l'essai d'un grand nombre d'espèces végétales et de mélanges de semences. Vingt-deux terrains et routes différents couvrant au total environ 55 hectares dans la région du delta du Mackenzie ont été ensemencés en 1973, 1974 et 1975. Les essais de semis par avion ont été effectués au moyen d'un épandeur de graines et d'engrais "Sling King" volant à 15 mètres au dessus du niveau du sol. La plupart des terrains ensemencés se trouvaient dans le delta du Mackenzie, et deux seulement sur le plateau Peel.

Les auteurs ont conclu que la reconstitution de la végétation sur ces zones perturbées était possible, mais que le succès dépendait de plusieurs facteurs. Les températures en-dessous de la normale pendant la saison de croissance peuvent réduire sensiblement l'implantation des semences. A l'intérieur d'une même région, la couverture végétale est fortement influencée par la texture du sol, les textures fines produisant la plus forte couverture, les textures grossières la plus faible.

Younkin, W.E et H.E. Martens, 1976

L'application d'un mélange de semences 2:2:2:1:1 (composé de fétuque rouge rampante boréale, pâturin des prés Nugget, fléole Climax, millet faux-roseau Frontier et seigle de Mars Prolific, par poids), ont montré sur les terrains d'essais de la région du delta du Mackenzie que:

a) La fléole Climax, le millet faux-roseau et le seigle de Mars peuvent s'implanter rapidement et procurent dès la première année une couverture végétale allant jusqu'à 40%.

b) ces espèces ne sont pas très résistantes à l'hiver dans cette région, mais peuvent fournir une couverture de litière allant jusqu'à 20% au cours de la seconde année;

c) la couverture semée est fortement réduite la seconde année;

d) lorsqu'on inclut le pâturin des prés Nugget et la fétuque rouge rampante boréale dans le mélange, ces deux espèces mettent plus longtemps à s'établir que les autres mais sont bien implantées à partir de la troisième année.

Le mélange 2:2:2:1:1 peut être acceptable dans d'autres régions méridionales. Lorsqu'on l'a employé sur le plateau Peel, au dessus de la Trail River, il a fourni une couverture de 18% en 1974 et de 23% en 1975. La plus grande partie de la couverture ainsi obtenue était constituée par la fléole, qui assure un contrôle très rapide de l'érosion et forme une couche épaisse de litière végétale la seconde année. La fléole n'est pas très résistante à l'hiver, mais sa survivance augmente dès qu'on se trouve au sud du delta du Mackenzie.

Des taux d'ensemencement de 28 à 56 kilos par hectare, effectués avec le mélange 2:2:2:1:1 ou avec de la fléole Engmo ont fourni une couverture végétale presque égale à celle donnée par un ensemencement au taux de 112 kg/ha.

La sélection d'un mélange de semences pour un endroit donné dépend des exigences particulières du lieu. Par exemple :

a) Si un terrain requiert l'établissement rapide d'une couverture végétale et une forte litière de couverture (pour lutter contre l'érosion) il convient d'employer un mélange à haute teneur en fléole Engmo;

b) Là où l'implantation plus lente d'une couverture à longue vie convient, le mieux est de semer soit ensemble soit séparément du pâturin des prés Nugget ou de la fétuque rampante Arctared;

c) Si l'on désire cependant obtenir à la fois une couverture végétale à implantation rapide et devant durer longtemps, le mieux est d'utiliser un mélange de pâturin Nugget et de fétuque rampante en y

Younkin, W.E. et H.E. Martens, 1976

ajoutant 1/5 de fléole. En tous cas, ceci est valable pour la région du delta du Mackenzie. Dans la région de la forêt boréale où la fléole Engmo risque moins d'être tuée par l'hiver, la proportion de fléole dans le mélange peut être augmentée sans pour autant réduire la couverture végétale de la seconde année.

d) Là où l'on veut encourager l'invasion des espèces locales, il vaut mieux semer un peu moins d'espèces résistantes à l'hiver telles que la fléole, et procéder à un ensemencement léger.

Sur les sols très rudes (graviers) l'ensemencement ne réussit pas seul à implanter une couverture végétale. Il convient d'employer des traitements tels que le creusement de noues ou le dégrossissage de la surface pour créer des micro-sites qui aideront l'implantation des jeunes pousses.

L'engrais a été épandu fin mai et début juin en utilisant un hélicoptère Bell 206 et une benne "Sling King" contenant un mélange 1:2:1 de N, P et K, épandu à raison de 440 kilos par hectare (400 livres/acre). Une nouvelle fertilisation effectuée un ou deux ans après la première produit un accroissement de la couverture végétale semée allant de 4 à 66%, et une augmentation de la production de biomasse avoisant 22%.

Lorsqu'une couverture vivante de végétaux vasculaires semés augmente d'environ 40%, la couverture des herbes locales décroît d'autant. Des étendues denses de graminées, comme celles formées de pâturin des prés Nugget et de fétuque rouge rampante Arctared ont un effet destructeur sur l'invasion des espèces locales.

En sus des renseignements que nous avons résumés ici même, le rapport contient des détails sur le fonctionnement et le calibrage du répandeur de semences et d'engrais "Sling-King".

1. ZASADA, J.C.

2. 1975

3. Revegetation in the arctic coastal plain - some considerations. (Reconstitution de la flore dans la plaine côtière arctique - quelques réflexions).

4. Rapport inédit, partie de la délaration concernant l'Impact sur l'environnement du gazoduc arctique projeté. Préparé pour le ministère de l'Intérieur des États-Unis. 94 p.

5. Résumé par l'auteur

6. a. Alaska, toundra de l'Alaska

   b. Côte du Yukon, région du delta du Mackenzie, toundra continentale; routes.

7. On a tenté de résumer certaines des informations disponibles sur la reconstitution des communautés végétales après les pertubations intervenant dans la plaine côtière arctique. Pour plusieurs raisons ce rapport n'est pas exhaustif. En premier lieu, on n'a pas disposé de suffisamment de temps pour rechercher tout ce qui a été écrit sur le sujet. Deuxièmement un certain nombre des rapports existants ne sont pas disponibles. Troisièmement, et c'est sans doute le plus important, les recherches sur la reconstitution de la flore dans la plaine côtière arctique sont un chanp d'études relativement nouveau et la plupart des travaux ne sont pas en cours depuis suffisamment longtemps. C'est pourquoi la plupart des conclusions ne sont données qu'à titre de suggestions et on doit attendre beaucoup d'autres renseignements au cours des années à venir. Le principal résultat des études, en tous cas, est que les programmes de reconstitution de la flore doivent demeurer aussi souples que possible afin de tirer parti de toutes les nouvelles informations et méthodes au fur et à mesure qu'elles se présenteront.

La recherche d'une reconstitution artificielle de la végétation a suivi une approche presque exclusivement agronomique (par exemple par l'emploi d'ensemencement et de fertilisation artificiels). De nombreuses espèces ont été soumises à des essais et les deux espèces les mieux adaptées dont les semences peuvent être obtenues commercialement sont la fétuque Arctared et le pâturin Nugget. Potentiellement, on a repéré d'importantes espèces originaires de la toundra de l'Alaska, notamment l'arcticgrass élevée, le roseau, le canche et l'alkaligrass. Les semences de ces espèces ne sont pas actuellement disponibles en grandes quantités, cependant des programmes d'augmentation de semences ont déjà été lancés..

Zasada, J.C., 1975

La fertilisation exige l'implantation rapide d'une couverture végétale et l'entretien des espaces plantés au cours des années suivantes. Sans épandages supplémentaires d'engrais (c'est-à-dire en plus de l'épandage initial), on remarque que les graminées introduites perdent de leur vigueur et commencent à disparaître du terrain au bout de trois à cinq ans. Les espèces locales doivent recevoir des engrais lors de leur implantation, mais peuvent s'auto-entretenir avec des quantités d'engrais bien inférieures à celles demandées par les espèces introduites.

On sait peu de choses sur les taux de la génération secondaire suivant la perturbation. Selon certaines observations, il faut au moins 15 à 25 ans pour être sûr de la stabilité du sol et de l'absence d'érosion. Il convient donc d'avoir d'autres renseignements pour comprendre complètement les relations naturelles existant en plus de celles concernant les espèces locales et les espèces introduites.

D'autres informations sont données au sujet de l'auto-écologie des espèces locales en ce qui concerne la régénération. Les méthodes d'encouragement de réinvasion des espèces locales sont un domaine pour lequel des recherches supplémentaires paraissent nécessaires.

1. ZASADA, J.C. et A.C. EPPS

2. 1976

3. Use of woody plant material in soil and site stabilization and rehabilitation. (Emploi d'espèces ligneuses pour la stabilisation des terrains et des sols et dans les processus de régénération).

4. In : M.N. Evans, Éditeurs. Travaux d'un séminaire consacré à la protection de la surface. Thème : Pratiques de voyages et de transports pour éviter la destruction de la surface dans l'environnement nordique. Bureau of Land Management, Anchorage, Alaska, p. 284-295.

5. Original

6. a. Alaska : côte méridionale, taïga méridionale de l'Alaska, taiga de l'Alaska central, toundra de l'Alaska.

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Mackenzie central, Yukon méridional, Yukon septentrional; morts-terrains, routes, résidus.

7. Si en plus des graminées on emploie des plantes ligneuses on se trouve devant une plus grande variété d'options en matière de reconstitution de la végétation. Bien que l'utilisation sur grande échelle d'espèces ligneuses soit actuellement freinée par le manque de graines et de plants à repiquer, on possède suffisamment d'informations sur l'emploi d'espèces ligneuses dans d'autres régions pour pouvoir en appliquer les méthodes, sans beaucoup de modifications, à la reconstitution de la végétation dans les terrains nordiques.

C'est le s ule qui illustre peut-être le mieux la souplesse potentielle obtenue par l'utilisation des espèces ligneuses. On peut employer l'ensemencement ou le bouturage. On a réussi des plantations de jeunes plants portant racines et provenant soit de sites naturels soit de pépinières. Différentes espèces de saules ont des facultés différentes pour produire des racines à partir de boutures dormantes et non traitées. A l'heure présente, l'expérience prouve que le *Salix alaxensis* s'enracine plus volontiers que le *Salix scouleriana* ou que le *Salix bebbiana*. Ce que l'on ne sait pas, c'est si les boutures réussiront à stabiliser les zones instables aussi rapidement que les graminées. Il convient de procéder à des essais à l'échelle opérationnelle sur l'ensemencement artificiel des saules. Des recherches récentes sur les saules de l'Alaska indiquent que leurs graines doivent être gardées en stock pendant plus d'une année sans perte importante de viabilité. Les saules sont couramment reproduits par boutures de tiges dormantes sans racines.

Zasada, J.C. et A.C. Epps, 1976

Une pépinière pratiquant l'ensemencement en conteneurs, et récemment créée au Centre "Alaska Plant Material" près de Palmer, produit des sapinettes, des épinettes de Sitka et des peupliers d'Alaska, des pins de Murray du Yukon, des pins d'Écosse et des mélèzes sibériens originaires de Finlande.

Un autre moyen que nous recommandons pour obtenir des végétaux d'espèces ligneuses consiste à repiquer des plants complets sous forme de boutures provenant de communautés végétales voisines non perturbées. Une nouvelle édition du *"Vegetative Guide for Alaska"* sera prochainement publiée, elle contiendra une importante quantité de nouveaux renseignements sur l'emploi des espèces ligneuses pour la reconstitution de la végétation.

Le tableau ci-dessous, extrait du *"Vegetative Guide for Alaska"* (édition révisée sous presse), dresse une liste d'arbres et de grands arbustes, d'arbustes moyens et de couverture végétale recommandés pour les régions intérieures de l'Alaska. Les groupes de terres inscrit dans la seconde colonne de ces tableaux sont classés comme suit: 1 - Sols et terrains ayant peu de limitations - 2 - Sols et terrains comportant des limitations dues à leur capacité de rétention d'eau - 3 - Sols et terrains comportant de graves limitations dues à leur très faible capacité de rétention d'eau ou à leurs pentes abruptes - 4 - Sols et terrains comportant des limitations modérées dues à une humidité excessive - 5 - Sols et terrains comportant de graves limitations dues à l'excès d'humidité - 6 - Sols et terrains constitués de matières tourbeuses trempées.

Zasada, J.C. et A.C. Epps, 1976

ARBRES ET GRANDS ARBUSTES

(15 pieds ou davantage)

ESPÈCES POUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION	Adaptée aux groupes de sol	TYPE DE PROPAGATION			
		Graine	Pousses repiquage	Boutures	Boutures à racine
Larix Laricina	1,4,5,6	X	X		
*Larix siberica**	1,2	X	X		
*Picea abies**	1,2,4	X	X		
Picea glauca	1,2,4	X	X		
Picea mariana	1,4,5,6	X	X		
Pinus contorta var. *latifolia**	1,2,4	X	X		
*Pinus sylvestris**	1,2	X	X		
Alnus tenuifolia	1,2,4,5	X**	X	X	
Betula papyrifera var. *humilis*	1,2,4,5,	X	X		
Populus balsamifera	1,2,4	X	X	X**	X
Populus tremuloides	1,2,3,4	X	X		X
*Prunus padus**	1,2	X	X	X	
Salix alaxensis	1,2,4,5	X	X	X**	
Salix bebbiana	1,2,4,5	X	X	X**	
Salix scouleriana	1,2,4,5,6	X	X	X**	
Sorbus aucuparia	1,2		X	X	

* Espèce exotique

** Méthode conseillée

Zasada, J.C. et A.C. Epps, 1976

ARBUSTES MOYENS

(3 à 15 pieds)

ESPÈCES POUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION	Adaptée aux groupes de sol	Semence	Plants à repiquer	Boutures (tigres)	Boutures av. racine
Alnus crispa	1,2,4,5	X	X		
Cornus stolonifera	1,4,5	X	X	X*	X
Elaezgnus commutata	1,2,3	X	X		X
Potentilla fruticosa	1,2,4,5	X	X		
Rosa acicularis	1,2,4,5	X	X	X	X
Rubus idaeus var. *strigosus*	1,2,4	X	X	X	X
Salix arbusculoides	1,4,5	X	X	X*	
Salix glauca	1,4,5	X	X	X*	
Salix lanata spp. *richardsonii*	1,4,5	X	X	X*	
Salix planifolas ssp. *pulchra*	1,4,5	X	X	X*	
Sheperdia canadensis	1,2	X	X		
Sorbus scopulina	1,2,4		X	X	
Spiraea beauverdiana	1,4,5,6	X	X	X	
Viburnum edule	1,2,4	X	X	X	

* Méthode conseillée

Zasada, J.C. et A.C. Epps, 1976

COUVERTURES DE SOLS

(3 pieds ou moins)

ESPÈCES POUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGETATION	Adaptée aux groupes de sol	Semence	Plants à repiquer	Boutures (tigres)	Boutures av. racine
Juniperus communis nana	1,2,3	X	X		
Juniperus horizontalis	1,2,3	X	X		
*Juniperus horizontalis douglasi**	1,2,3		X		
*Juniperus horizontalis plumosa**	1,2,3		X		
*Juniperus horizontalis procumbens**	1,2,3		X		
*Pinus mugo mughus pumilo**	1,2,3		X		
Andromeda polifolia	4,5,6	X	X		
Arctostaphylos alpina	1,2,3	X		X	
Arctostaphylos rubra	1,2,3,4	X		X	
Arctostaphylos uva-ursi	1,2,3	X		X	
Artemisia alaskana	1,2,3	X	X	X	
Artemisia frigida	1,2,3	X	X	X	
Betula nana	1,2,4,5	X	X		
Chamaedaphne calyculata	4,5,6	X	X		
Cornus canadensis	1,2,4	X	X**		X
Empetrum nigrum	1,2,4,5	X	X	X***	
Ledum decembens	4,5,6	X	X		
Ledum groenlandicum	4,5	X	X		
Myrica gale	4,5,6	X	X		
Rhododendron lapponicum	1,2,4,5	X	X	X	
Ribes triste	1,2,4	X	X	X	
Rubus arcticus	1,4,5,6	X	X		X
Rubus chamaemorus	1,4,5,6	X	X		
Salis fuscensens	4,5,6	X	X	X***	
Salix reticulata	1,2,4,5	X	X	X***	
*Symphoricarpos orbiculatus**	1,2,3,4	X	X		X
Vaccinium uliginosum	1,2,4,5	X	X	X	
Vaccinium vitis-idaea	1,2,4,5	X	X**		

* Espèce exotique ** Méthode initiale *** Méthode recommandée

1. ZIEMKIEWICZ, P.

2. 1974

3. Reclamation research methods on coal mine wastes with particular reference to species evaluation and assessment. (Recherche de méthodes pour la régénération de déchets de mines de charbon, avec référence particulière à l'évaluation et à l'estimation des espèces végétale).

4. In : Travaux de la réunion inaugurale de l'Association canadienne de Récupération des Terres, Département des sciences agronomiques, Collège agronomique de l'Ontario, Université de Guelph, Ontario. p. 69-76.

5. Original

6. a. Colombie-Britannique; Montagnes Rocheuses

   b. Région alpine, Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains.

7. Dans tout programme de reconstitution de la flore, le choix des espèces est déterminant pour la réussite ou l'échec. Deux méthodes permettent la sélection des espèces herbacées. Ce sont: 1) l'évaluation de zones de nouvelle végétation traitées antérieurement, 2) la création de parcelles d'essais. La première méthode offre un avantage : celui d'examiner les réactions à long terme des espèces vis-à-vis d'une gamme étendue de variables physiques. Ceci permet une estimation qualitative des espèces, semblables à ce qui a déjà été fait dans des circonstances semblables en Pennsylvanie et dans l'Indiana. Au Canada, on manque de tentatives similaires de régénération à long terme, c'est pourquoi on y utilise généralement la seconde alternative, c'est-à-dire la méthode des parcelles d'essai, avec quantification des résultats en fonction de la pente, de l'altitude, de l'aspect, de la formule chimique du sol.

La méthode des parcelles d'essais est couramment employée pour des recherches en matières de récupération de terres par la Kayser Resources dans les East Kootenays de Colombie-Britannique. Des données sur la biomasse et des analyses sur les éléments nutritifs du sol, bien qu'encore incomplètes, indiquent qu'il existe une forte ségrégation entre les espèces selon les différents sites perturbés.

En raison du caractère intérimaire de ce rapport, la seule conclusion a été que les futurs efforts de régénération, particulièrement dans les zones de haute altitude de la Colombie-Britannique dépendront de la disponibilité d'espèces végétales susceptibles de coloniser les

terrains les plus rudes avec le minimum d'entretien. Des espèces locales et agronomiques devront être essayées dans les conditions les plus rigoureuses et garanties sur la base de leur longévité.

1. ZIMMERMANN, R.C. et T.R. MOORE

2. 1974

3. Study of vegetation of asbestos mines wastes, Eastern Townships, Quebec. (Etude de la flore sur les déchets de mine d'amiante, à Eastern Townships, Québec).

4. Rapport final à la commission de Contrôle de l'Environnement, Association québécoise des mines d'amiante. Rapport inédit, 41 p.

5. Original

6. a. Québec: forêts de l'Est

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; résidus.

7. Quelques-unes des conclusions et recommandations de ce rapport final consacré à l'étude de la végétation sur les déchets miniers d'amiante de la ceinture d'amiante du sud-est du Québec, énumérées ci-après, présentent un grand intérêt potentiel pour les programmes de reconstitution de la végétation sur les déchets miniers du nord du Canada.

   1. Les essais sur place effectués en 1974 ont confirmé qu'une application d'engrais N,P,K au taux de 1 kg au mètre carré (soit 4 tonnes 5 par acre) est indispensable pour obtenir une croissance végétale sur les haldes de résidus miniers. Des applications plus élevées que ce taux n'apportent aucune amélioration ou ont des effets destructeurs, tandis que des applications inférieures ne permettent qu'une croissance chétive, ou même pas de croissance du tout.

   2. Des apports de matières organiques, fumier ou sciure de bois, sont indispensables pour l'implantation d'une couverture végétale vigoureuse et continue. Le manque de matières organiques entraine soit la perte, soit des concentrations nuisibles d'engrais non-organiques.

   3. Sur les pentes très fortes des haldes (30 à 40 degrés), la croissance des végétaux est entravée par la perte des semences et par l'engrais non-organique, par l'instabilité des résidus miniers, par l'érosion et l'ensevelissement. Cependant on peut réussir une couverture végétale sur les pentes à condition d'ajouter des matières organiques à un taux élevé (4 kg au mètre carré) (18 tonnes courtes/acre) et si les résidus sont friables sur une profondeur d'au moins 20 centimètres (3 pouces).

Zimmermann, R.C. et T.R. Moore, 1974

4. Si aucune matière organique n'est présente, de fortes pertes d'engrais non-organique peuvent se produire sur les pentes ayant des angles inférieurs à 10 degrés.

5. Les terrains les plus difficiles à cultiver sont les haldes dont les résidus sont disposés à l'angle de repos, et comportent soit une croûte superficielle soit une couche indurée/compactée à moins de dix centimètres (4 pouces) de profondeur. Sur ces emplacements, une couverture continue de graminées et de légumineuses ne constitue pas un objectif pratique pour une régénération initiale.

6. De jeunes plants d'espèces dites "ligneuses", telles que le peuplier-tremble et le bouleau à papier peuvent être plantés plus facilement que des graminées ou des légumineuses sur les haldes à pentes abruptes ou durcies. Ces plants peuvent être soutenus par des engrais à dégagement lent enterrés dans les résidus, mais on ne peut pas néanmoins garantir leur réussite à long terme.

7. On estime que le prix de revient réaliste par acre de terrains régénérés selon la méthode traditionnelle (forte concentration d'engrais N,P,K et matières organiques) et de l'ordre de $1 200 à $1 400. Cette estimation comprend les frais d'un entretien initial mais ne tient pas compte des économies qu'on peut réaliser en mettant sur pied un programme de régénération à grande échelle.

8. Il est recommandé que tout programme de récupération assigne différents taux de priorités à des zones de rebus différents, et que des méthodes de régénération différentes soient employées pour atteindre les objectifs de ces différentes zones.

9. Il est recommandé que les zones de résidus non prioritaires (par exemple les zones éloignées ou peu visibles) soient régénérées par fertilisation non-organique simples mauvaise herbes ou d'autres plantes locales. Une telle méthode ne revient qu'à environ $700 à $800 l'acre.

10. Il est recommandé de régénérer les haldes à longues pentes ou durcies au moyen de jeunes plants d'arbres à bonne tolérance tels que le tremble, le bouleau à papier ou le cerisier de Pennsylvanie, et de les fertiliser avec des engrais à dégagement lent. Le prix de revient à l'acre de ce procédé est de l'ordre de $700-$900, mais on doit différer l'emploi total de cette méthode jusqu'à ce que plusieurs années d'expérience aient prouvé sa réussite sur un ou plusieurs acres.

Zimmermann, R.C. et T.R. Moore, 1974

11. Il est recommandé de régénérer les zones de haute priorité (fortement visibles ou proches des zones résidentielles) au moyen de la méthode fondamentale, modifiée par l'addition de petites quantités de terre destinée à avoir une action de "tampon" sur les résidus contre une application inégale du traitement de base. Le prix de revient de cette méthode est de l'ordre de $860 - $1270 par acre.

12. Il est recommandé que les petites zones de haute priorité soient régénérées par enfouissement des résidus sous une couche de terre agronomique d'au moins 15 centimères (6 pouces) d'épaisseur. Le prix de revient de cette méthode varie par acre, de $900 à $1400 selon la quantité de terre végétale employée et la nécessité de fixer ou non cette couche.

1. ZUFA, L.

2. 1971

3. A rapid method for vegetative propagation of aspens and their hybrids. (Méthode rapide pour la multiplication végétative des peupliers-trembles et de leurs hybrides).

4. The Forestry Chronicle 47 : 36-39.

5. Original

6. a. Ontario; Région forestière orientale

   b. Sud-ouest du Mackenzie, Yukon méridional; morts-terrains, routes.

7. Typiquement, les trembles se reproduisent par des drageons qui sont des pieds adventifs se formant sur les racines. Cette particularité des trembles a été utilisée de différentes façons pour la multiplication végétative de cette arbre : (1) des drageons portant racines ont été retirés de la plantation et utilisés comme transplants; (2) des racines d'un arbre connu ont été utilisée comme boutures, enfin (3) des boutures ont été prises sur des drageons feuillus. Cependant, il est difficile de trouver beaucoup de drageons de qualité satisfaisante et dont l'origine est connue. Les boutures vertes, prises sur des drageons jeunes et vigoureux présentent la meilleure possibilité de multiplication végétative des trembles.

Les mesures prises pour assurer la multiplication des trembles ont été les suivantes :

1. A l'automne, des fragments de racines, ayant de 1 à 2½ pouces de diamètre, ont été déterrés du pied d'un arbre et coupés en sections longues de 8 pouces;

2. Ces boutures de racines ont été plantées horizontalement, à un demi-pouce de profondeur, dans des bacs emplis de sable grossier (dimension des bacs: 12X8X6 pouces) et conservés en serre à des températures variant entre 60 et 90°F., avec un taux d'humidité de 30 à 90%;

3. Les drageons des racines de trembles plantés à l'automne ont démarré 25 jours après la plantation et poussé pendant 5 mois. (Les boutures de racines plantées au printemps ont fait des drageons en 12 jours et poussé pendant 3 mois). Etant donné que le drageonnage est le plus intense pendant les deux premiers mois (qu'il

Zufa, L., 1971

s'agisse des plantations d'automne ou de printemps), pour des raisons pratiques les boutures doivent continuer à drageonner pendant 2 mois, puis être écartées; de nouvelles boutures de racines doivent être déterrées et une nouvelle production de drageons démarrée à n'importe quel moment de l'année;

4. Les drageons ont été recueillis à un stade excellent, deux à quatre jours après leur première apparition, alors qu'ils avaient de 1½ à 4 pouces de long. La totalité du surgeon a été retirée y compris la base étiolée adjacente à la bouture de racine;

5. Chaque drageon a été planté à 1 pouce ½ de profondeur dans un tube fendu de polystyrène (¾ X 3 pouces) contenant un mélange pour racines composé de 2 pouces de sable acide grossier sur une couche de ¾ de pouce de terreau noir;

6. Les plateaux portant les drageons dans leurs tubes ont été placés sous une tente transparente en polyéthylène, sur une couche de mousse de tourbe humide afin de conserver l'humidité jusqu'au moment de l'apparition des racines. Lors de l'expérience d'automne, la tente a été placée dans la partie la plus fraiche de la serre, (température de 65 à 75° F., l'humidité de 60 à 70%). Lors de l'expérience de printemps, la tente a été installée dans une chambre de croissance pour qu'on puisse mieux contrôler la température (68 à 70° F. et l'humidité 70 à 75%);

7. Huit à 21 jours après leur plantation les drageons ont formé des racines. Lors de l'expérience d'automne, 84% des drageons ont produit des racines, mais dans l'expérience de printemps 48% seulement;

8. Les drageons porteurs de racines et poussant dans des tubes peuvent être transplantés sans aucun risque de briser les racines ou de perdre la plant.

Cette méthode permet la multiplication initiale rapide d'un arbre. Lors de cette expérience, plus de 400 drageons ont été produits à partir de seulement 4 boutures à racines d'un seul arbre, et dans le délai d'un mois.

Cette méthode de reproduction peut être appliquée de façon plus simple en pépinière en tirant parti de la capacité du tremble à drageonner. Les drageons portant racines peuvent être plantés dans un compartiment séparé de la pépinière. On les laisse se développer jusqu'à la hauteur souhaitée, puis on les retire et les transplante. De nouveaux drageons sortiront dès lors des racines laissées en terre. Pendant la saison de croissance, les drageons peuvent être éclaircis selon l'espace et le nombre désiré. Cette multiplication des meilleurs trembles peut être ainsi résolue d'une façon vraiment très pratique et peu coûteuse.

INDEX DES SUJETS

Cet index des sujets n'est pas composé selon l'ordre alphabétique. Il suit la chronologie approximative des mesures à prendre lors de la réalisation d'un programme de reconstitution assistée de la végétation.

INDEX DES SUJETS

(Les chiffres indiquent la première page de chaque article)

1. DÉCISION SI L'ON DOIT OU NON TENTER UNE RECONSTITUTION ASSISTÉE DE LA VÉGETATION
4, 45, 111, 141, 187, 202, 257, 264, 338, 364, 479

2. OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE LA RECONSTITUTION ASSISTÉE DE LA VÉGETATION

2.1. AMÉLIORATION ESTHÉTIQUE - 34, 105, 127, 159, 340, 347, 378, 458

2.2. CONTRÔLE DE L'ÉROSION PAR LA POUSSIÈRE ET LE VENT - 105, 111, 173, 275

2.3. PRÉVENTION CONTRE L'ÉROSION ALLUVIALE - 34, 47, 58, 67, 87, 103, 150, 155, 173, 177, 202, 237, 340, 347, 458

2.4. DISPOSITION D'UNE COUVERTURE ISOLANTE - 12, 43, 58, 60, 67, 89, 146, 173, 177, 182, 202, 292, 311, 347, 391, 407, 452, 458

2.5. COMMENT FAVORISER UNE COUVERTURE VÉGÉTALE STABLE ET AUTO-ENTRETENUE 85, 87, 89, 103, 137, 143, 173, 195, 199, 202, 255, 275, 317, 327, 378, 401, 448, 458

2.6. STABILISATION DES PENTES - 4, 21, 60, 67, 109, 127, 219, 327, 381, 427

3. FACTEURS LIMITANT LA RECONSTITUTION DE LA FLORE

3.1. EXPOSITION - 26, 132, 137, 161, 168, 171, 369

3.2. GONFLEMENT PAR LE GEL - 117, 253, 290

3.3. MACROCLIMAT - 12, 177, 202, 221, 317, 333, 335, 338, 427, 439

3.4. HUMIDITÉ DU SOL - 10, 18, 32, 36, 47, 60, 83, 114, 132, 139, 148, 166, 171, 177, 182, 202, 221, 253, 255, 275, 280, 284, 286, 320, 331, 338, 357, 375, 394, 399, 427, 436

3.5. TEMPÉRATURE DU SOL - 12, 20, 45, 152, 168, 169, 171, 180, 202, 215, 221, 253, 284, 292, 331, 427, 452, 467

3.6. SOUS-COUCHES INSTABLES ET PENTES ABRUPTES - 26, 132, 137, 161, 166, 168, 284, 290, 301, 315, 333, 357, 369, 375, 403, 479

3.7. MORT HIVERNALE, SURVIVANCE HIVERNALE - 89, 177, 226, 229, 233, 234, 237, 242, 249, 250, 251, 290, 317

3.8. TOXICITÉ - 16, 50, 63, 74, 115, 141, 159, 164, 199, 213, 275, 280 298, 309, 335, 338, 381, 399, 417

3.9. CARENCES EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS - 16, 43, 63, 99, 132, 148, 187, 202, 221, 280, 303, 317, 349, 369, 375, 427, 455

3.10. MICRO-ENVIRONNEMENT ET MICRO-TOPOGRAPHIE - 14, 132, 134, 148, 152, 171, 221, 280, 284, 301, 344, 357, 452

3.11. DIMENSION DES PARTICULES, DENSITÉ DU SOL, TASSAGE ET CROÛTE - 114, 168, 213, 221, 275, 286, 290, 293, 301, 313, 338, 344, 357, 399, 467, 479

3.12. RÉACTION DU SOL (pH) - 16, 50, 115, 141, 164, 257, 298, 399, 414

3.13. ÉROSION PAR LES VENTS - 4, 99, 309, 333, 357, 378, 394

3.14. PÂTURAGE ET BROUTAGE - 177, 182, 187, 290, 327, 375

4. RECONSTITUTION DOCUMENTÉE DE LA VÉGÉTATION SUR LES SITES PERTURBÉS INDUSTRIELLEMENT

4.1. MINES DE MINERAIS MÉTALLIQUES - 4, 16, 54, 132, 164, 199, 220, 275, 328, 333, 335, 403, 436

4.2 HOUILLÈRES ET MINES DE SABLES BITUMINEUX - 26, 32, 63, 166, 296, 340, 357, 369, 373, 394

4.3. PASSAGES D'OLÉODUCS (y compris les installations d'essais d'oléoducs) 60, 67, 91, 139, 143, 146, 187, 414, 460

4.4. ROUTES - 24, 56, 132, 148, 155, 161, 394, 414

4.5. LIGNES SISMIQUES ET ROUTES ENNEIGÉES/GLACÉES - 43, 91, 146, 175, 180, 391, 450, 464, 467

4.6. TERRAINS DE PUITS - 89, 155, 467

5. CHOIX DES ESPECES DESTINÉES À LA RECONSTITUTION DE LA FLORE

5.1. ÉCOLOGIE ET PHYSIOLOGIE DES ESPÈCES PROPOSÉES

5.1.1. PRÉFÉRENCES D'HABITAT - 12, 16, 18, 30, 36, 42, 43, 52, 54, 65, 79, 87, 91, 115, 119, 123, 124, 127, 132, 177, 180, 182, 189, 197, 229, 233, 235, 250, 264, 317, 320, 321, 322, 324, 414, 420, 424, 427, 449, 452, 455, 464, 470, 472

5.1.2. TOLÉRANCE AUX CONDITIONS EXTRÊMES (acidité, sécheresse métaux lourds, carences nutritionnelles, salinité) - 2, 16, 20, 24, 30, 45, 49, 50, 58, 63, 115, 123, 127, 139, 153, 159, 189, 197, 199, 213, 217, 226, 231, 250, 261, 275, 286, 298, 305, 322, 333, 357, 381, 407, 414, 417, 420, 424, 442, 452, 455

5.1.3. BIOLOGIE DE REPRODUCTION - 10, 18, 20, 40, 65, 105, 123, 124, 150, 153, 155, 161, 175, 177, 180, 182, 202, 226, 227, 229, 231, 233, 235, 237, 244, 246, 248, 251, 259, 261, 347, 399, 442, 452, 455, 482

5.1.4. RELATIONS DES MICRO-ORGANISMES - 94, 99, 122, 130, 199, 202, 272, 275, 305, 313, 360, 383, 387, 417

5.2. CRITÈRES POUR LA SÉLECTION DES ESPÈCES (y compris les écotypes) - 38, 50, 89, 91, 105, 109, 120, 123, 143, 148, 202, 225, 226, 234, 237, 303, 317, 344, 347, 349, 385, 393, 394, 405, 420, 427, 432, 437, 439, 444, 464, 467, 477

5.3 ESPÈCES LOCALES PIONNIÈRES - 10, 12, 20, 36, 41, 43, 45, 47, 76, 77, 85, 87, 91, 94, 105, 120, 132, 141, 143, 153, 161, 163, 175, 177, 180, 182, 202, 215, 221, 231, 237, 263, 264, 272, 315, 321, 324, 326, 369, 391, 394, 397, 399, 432, 434, 442, 450, 452, 455, 458, 460, 467

5.4. ESPÈCES NONLÉGUMINEUSES FIXATRICES D'AZOTE - 6, 41, 76, 77, 105, 132, 202, 272, 362, 387, 417, 430, 432

5.5. ARBRES ET ARBUSTES RECOMMANDÉS - 6, 12, 26, 89, 91, 105, 115, 127, 143, 148, 150, 189, 195, 202, 261, 286, 290, 311, 315, 335, 343, 369, 373, 375, 383, 385, 387, 399, 403, 405, 417, 432, 455, 464, 472, 479

5.6. MÉLANGES RECOMMANDÉS DE SEMENCES DE GRAMINÉES ET DE LÉGUMINEUSES (y compris pour les cultures de protection) - 16, 26, 32, 38, 45, 52, 56, 60, 67, 89, 91, 134, 141, 148, 150, 156, 164, 177, 182, 187, 202, 237, 255, 275, 282, 284, 309, 331, 333, 335, 343, 354, 369, 378, 407, 444, 450, 460, 467

5.7. ESSAIS SUR DES ESPÈCES - 1, 16, 18, 43, 47, 91, 114, 117, 137, 177, 182, 280, 284, 296, 317, 335, 378, 399, 405, 417, 424, 439, 464, 467, 477,

5.8. ESPÈCES DU HAUT ARCTIQUE - 12, 20, 87, 163, 197, 259, 420

5.9. ESPÈCES DE HAUTES ALTITUDES - 30, 117, 120, 121, 137, 148, 161, 163, 197, 253, 296, 357, 369, 420, 477

6. MÉTHODES DE RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION

6.1. LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION DANS LE PLAN DE RÉCUPÉRATION - 71, 87, 109, 111, 125, 193, 338, 341, 344, 349, 397, 401, 470, 479,

6.2. REMODELAGE ET RECTIFICATION DES PENTES - 26, 34, 47, 83, 90, 109, 125, 155, 166, 168, 219, 220, 275, 280, 282, 286, 288, 315, 344, 364, 381, 394, 401

6.3. PRÉPARATION DE LA SURFACE

6.3.1. ADDITION DE TERRE DE SURFACE - 79, 90, 137, 141, 199, 280, 293, 301, 309, 312, 313, 349, 354, 369, 381, 383, 407, 444, 479

6.3.2. CRÉATION D'UNE MICRO-TOPOGRAPHIE CONVENABLE (y compris la préparation d'un lit de semis) - 18, 56, 79, 127, 134, 141, 155, 171, 191, 193, 202, 220, 275, 284, 301, 349, 357, 373, 397, 399, 407, 467

6.4. LIANTS, MATELAS DE FIBRES ET AUTRES TRAITEMENTS PHYSIQUES DE LA SURFACE - 4, 12, 58, 60, 79, 90, 91, 96, 99, 146, 282, 290, 312, 335, 378, 388, 407, 436, 444, 458, 460

6.5. PAILLAGE ET ADDITIONS DE MATIÈRES ORGANIQUES - 32, 34, 43, 48, 74, 79, 90, 96, 99, 146, 155, 159, 171, 195, 199, 255, 282, 284, 293, 309, 333, 375, 378, 388, 394, 397, 399, 403, 407, 427, 436, 444, 479

6.6. FOURNITURE DE SEMENCES ET AUTRES PRODUITS REPRODUCTEURS (comprenant les programmes d'augmentation de semences) - 18, 20, 79, 85, 87, 89, 105, 120, 121, 124, 127, 143, 148, 159, 202, 237, 248, 261, 317, 322, 326, 344, 363, 385, 393, 439, 442, 460, 472, 482

6.7. PRÉPARATION DES SEMENCES (entreposage, stratification, scarification et enrobage) - 6, 105, 124, 130, 231, 261, 363, 407, 417, 442, 472,

6.8. PRÉPARATION POUR LA MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE (boutures, marcottage, repiquage de stolons, drageonnage) - 6, 105, 127, 244, 363, 482

6.9 MÉTHODES D'ENSEMENCEMENT

6.9.1. VOIE AÉRIENNE (avions et hélicoptères) - 47, 60, 79, 89, 109, 182, 253, 340, 347, 354, 364, 407, 444, 467

6.9.2. SEMIS EN LIGNES - 34, 47, 79, 130, 143, 202, 255, 354, 364, 378, 394, 407

6.9.3. SEMIS À LA MAIN (y compris au moyen de semeurs manuels) - 139, 182, 202, 261, 340, 347, 354, 364, 407, 444

6.9.4. HYDRO-SEMIS - 14, 32, 34, 79, 109, 130, 134, 139, 202, 255, 364, 407, 444

6.10. MÉTHODES DE PLANTATION

6.10.1. PLANTS À RACINES NUES - 105, 150, 171, 191, 193, 195, 290, 369, 403, 482

6.10.2. PLANTS EN CONTENEURS - 171, 191, 193, 195, 290, 369, 439, 472, 482,

6.10.3. REPIQUAGE DIRECT DE PLANTES SAUVAGES - 20, 54, 58, 79, 87, 91, 105, 127, 143, 146, 184, 187, 193, 202, 237, 244, 261, 303, 364, 369, 407, 439, 460, 464, 472

6.11. ENGRAIS (y compris le chaulage)

6.11.1. DÉCISION DE FERTILISER - 12, 63, 199, 203, 292, 303, 335, 405, 417, 437, 460, 464, 467, 470

6.11.2. COMPOSITION ET TAUX DES ENGRAIS - 16, 26, 32, 38, 43, 45, 56, 58, 79, 91, 99, 117, 127, 134, 141, 155, 164, 173, 177, 182, 195, 197, 202, 213, 220, 224, 227, 249, 251, 253, 267, 269, 271, 275, 298, 309, 317, 320, 322, 328, 329, 343, 349, 354, 374, 375, 378, 403, 407, 427, 436, 444, 450, 460, 464, 470, 479

6.12. ENTRETIEN (évaluation, fertilisation, réensemencement, irrigation, protection contre la faune sauvage) - 16, 32, 56, 67, 79, 109, 127, 141, 155, 159, 173, 195, 202, 215, 315, 317, 328, 349, 407, 427, 436, 460, 467, 470

7. CALENDRIER DES MESURES DE RECONSTITUTION DE LA FLORE

7.1. ÉPOQUES DES RÉCOLTES (des graines et autres matériels reproducteurs) - 261, 442, 482

7.2. ÉPOQUES DES ENSEMENCEMENTS ET PLANTATIONS - 6, 26, 43, 45, 47, 58, 79, 134, 155, 182, 202, 229, 234, 237, 246, 261, 284, 288, 290, 301, 303, 343, 354, 364, 369, 407, 436, 444, 450, 460

7.3. ÉPOQUES DE FERTILISATION - 58, 96, 173, 197, 227, 249, 267, 271, 275, 444

7.4. APPLICATION DES STABILISATEURS - 99, 338

8. PRIX DE REVIENT DE LA RECONSTITUTION ASSISTÉE DE LA VÉGÉTATION - 4, 14, 26, 96, 99, 111, 121, 127, 159, 296, 367, 369, 374, 378, 405, 436, 444, 479

9. INTERACTIONS ENTRE LA FAUNE ET LA VÉGÉTATION RECONSTITUÉE - 26, 43, 67, 87, 91, 105, 137, 152, 177, 182, 202, 213, 217, 255, 290, 312, 340, 367, 375, 381, 385

10. RECONSTITUTION NON-ASSISTÉE DE LA VÉGÉTATION

10.1. RECONSTITUTION NON-ASSISTÉE DE LA FLORE À LA SUITE DE PERTURBATIONS APPORTÉES PAR L'HOMME - 10, 12, 43, 45, 119, 132, 175, 190, 257, 259, 264, 391

10.2. RECONSTITUTION NON-ASSISTÉE DE LA FLORE À LA SUITE DE PERTURBATIONS NATURELLES SURVENUES À DES SURFACES JEUNES - 41, 75, 77, 152, 153, 163, 202, 263, 264, 272, 353, 361, 391, 403, 430, 432, 434

11. ÉCHELLE DE DURÉES REQUISES POUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION

11.1. ASSISTÉE - 134, 137, 177, 182, 187, 202, 383, 397, 444, 448, 464, 470

11.2. NON-ASSISTÉE - 10, 21, 24, 36, 43, 50, 76, 77, 134, 152, 161, 175, 180, 190, 202, 213, 221, 263, 264, 272, 373, 391, 403, 447, 470

11.3. RÉINVASION D'ESPÈCES LOCALES DANS DES ZONES ENSEMENCÉES - 173, 187, 215, 255, 317, 458, 464

12. NÉCESSITÉS DE RECHERCHES - 4, 16, 34, 52, 85, 99, 109, 111, 121, 134, 137, 173, 182, 202, 227, 229, 242, 255, 263, 279, 296, 300, 303, 306, 315, 317, 341, 367, 369, 385, 391, 407, 417, 427, 439, 452, 460, 464, 470

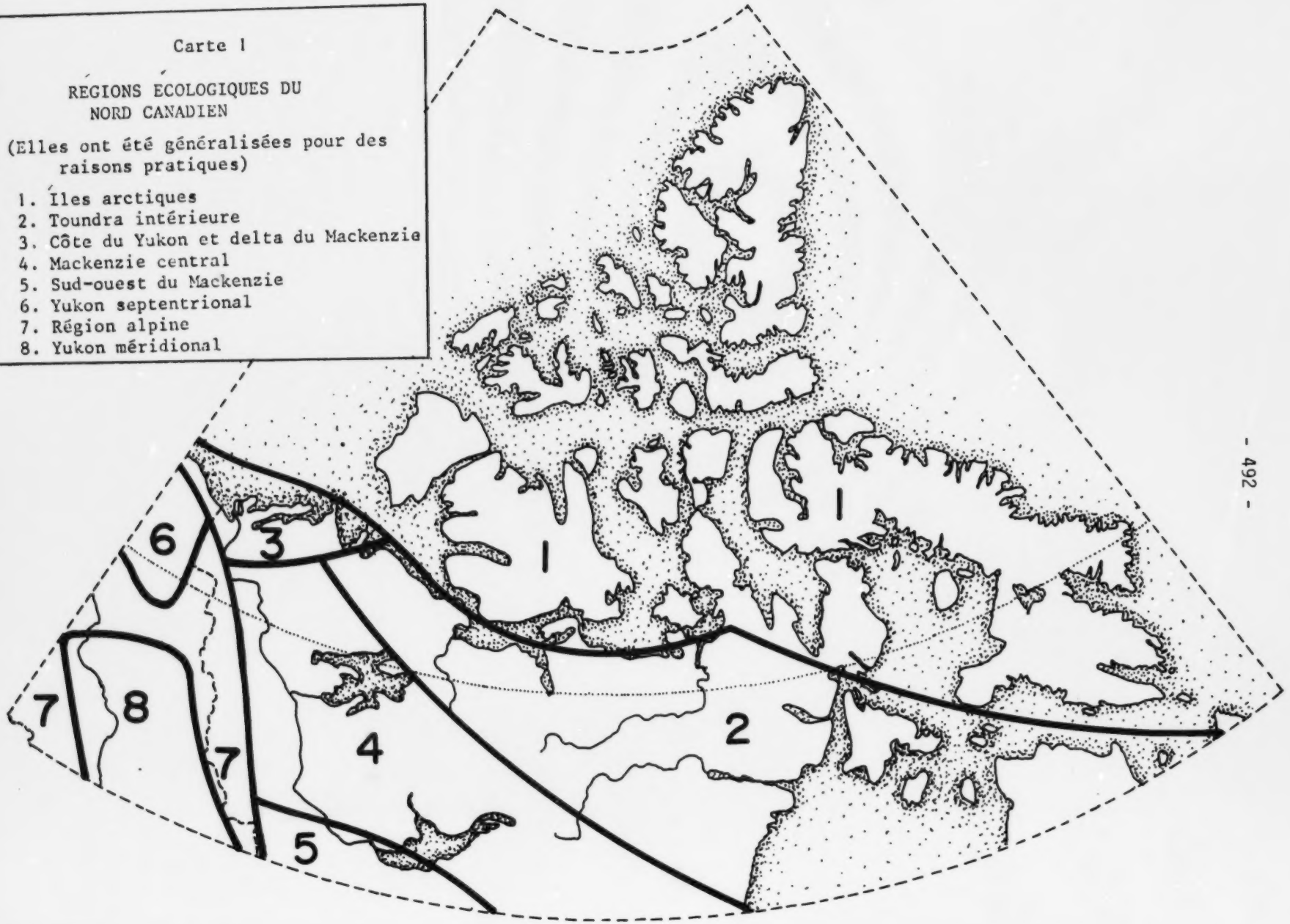
INDEX D'APPLICABILITÉ AUX RÉGIONS NORDIQUES

Carte 1

RÉGIONS ÉCOLOGIQUES DU
NORD CANADIEN

(Elles ont été généralisées pour des raisons pratiques)

1. Îles arctiques
2. Toundra intérieure
3. Côte du Yukon et delta du Mackenzie
4. Mackenzie central
5. Sud-ouest du Mackenzie
6. Yukon septentrional
7. Région alpine
8. Yukon méridional



INDEX D'APPLICABILITÉ AUX RÉGIONS NORDIQUES

Voici un index des régions septentrionales dans lesquelles les connaissances actuelles peuvent probablement être applicables. Ce n'est pas un index des régions du Nord desquelles des informations sur la reconstitution de la flore ont été recueillies.

Dans cet index, les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon sont divisés en huit régions écologiques distinctes, ainsi qu'on peut le voir sur la carte 1 de ce rapport. Pour chaque région, on distingue trois cas généraux de perturbations liées à l'exploitation minière (morts-terrains, routes, résidus miniers). Pour les besoins de cet index, on a placé sous le titre de "routes" les autres perturbations comprenant seulement des dislocations de surface, de l'irrigation, de la végétation, des matières organiques et du sol minéral, tels les terrains bouleversés par les travaux de prospection de diamants ou les emplacements d'usines. Mort-terrain par contre est employé pour inclure des perturbations plus importantes infligées au sous-sol, et peuvent comprendre les roches de rejet, les déchets de galeries, les amoncellements de déchets de charbon, les terrils et tout le matériel retiré des galeries d'exploitation.

Les chiffres ci-dessous se réfèrent aux pages de cette bibliographie qui contiennent des références utiles à ceux qui s'intéressent à la reconstitution de la végétation dans un site d'un genre particulier (mort-terrain, route ou résidus) dans une région particulière du Yukon ou des Territoires du Nord-Ouest. Par exemple, celui qu'intéresse la reconstitution de la flore dans les Îles Arctiques peut trouver des renseignements ou des idées utiles dans les différentes pages de cette bibliographie, mais les références les plus importantes et celles qui doivent être contrôlées en premier se trouvent aux pages inscrites sous le titre "Morts-terrains dans la région des Îles Arctiques" (pages 9, 10, 15, 17, 209). Dans cet exemple, les références en question ne constituent pas obligatoirement une description de la reconstitution de la végétation de morts-terrains dans les Îles Arctiques, elles sont simplement une source de renseignements jugés comme les plus applicables aux problèmes de reconstitution de la flore sur des surfaces de morts-terrains dans cette région.

La première partie de cet index donne une liste de sources d'informations qu'on a estimées utiles pour le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest, plutôt que particulières à l'une quelconque des huit régions écologiques indiquées sur la carte jointe.

1. SOURCES DE RENSEIGNEMENTS SUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION, CONVENANT POUR LE YUKON ET LES TERRITOIRES DU NORD-OUEST. -

   1.1. MORTS-TERRAINS - 2, 6, 14, 50, 124, 125, 159, 202, 215, 219, 257, 292, 317, 320, 341, 349, 363, 364, 374, 387, 393, 407, 444

   1.2. ROUTES - 6, 14, 124, 125, 202, 215, 288, 292, 317, 320, 363, 364, 387, 393, 407, 442, 444

   1.3. RÉSIDUS - 4, 14, 49, 50, 96, 99, 111, 124, 125, 159, 292, 317, 320, 340, 349, 364, 387, 393, 407, 444

2. SOURCES DE RENSEIGNEMENTS SUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION CONVENANT À LA RÉGION DES ÎLES DE L'ARTIQUE. (zone 1)

2.1. MORTS-TERRAINS - 10, 12, 18, 20, 259

2.2. ROUTES - 10, 12, 18, 20, 36, 43, 45, 190, 259, 311

2.3. RÉSIDUS - NIL

3. SOURCES DE RENSEIGNEMENTS SUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION CONVENANT LE MIEUX À LA REGION DE LA TOUNDRA CONTINENTALE (zone 2)

3.1. MORTS-TERRAINS - 217, 397, 399

3.2. ROUTES - 311, 458, 460, 467, 470

3.3. RÉSIDUS - 217, 275, 397, 399

4. SOURCES DE RENSEIGNEMENTS SUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION SEMBLANT CONVENIR AUX RÉGIONS DE LA CÔTE DU YUKON ET DU DELTA DU MACKENZIE (zone 3 sur la carte)

4.1. MORTS-TERRAINS - 127, 224, 225, 226, 231, 234, 235, 237, 248, 269, 322, 324, 326, 388, 427

4.2. ROUTES - 41, 43, 45, 58, 60, 67, 79, 85, 87, 89, 91, 127, 143, 146, 175, 177, 180, 182, 187, 197, 224, 225, 226, 231, 234, 235, 237, 248, 263, 264, 269, 311, 321, 322, 324, 326, 327, 331, 347, 360, 388, 391, 427, 450, 452, 455, 458, 460, 467, 470

4.3. RÉSIDUS - nil

5. SOURCES DE RENSEIGNEMENTS SUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION SEMBLANT CONVENIR À LA RÉGION CENTRALE DU MACKENZIE (zone 4)

5.1. MORTS-TERRAINS - 127, 224, 225, 226, 231, 234, 235, 237, 248, 269, 322, 324, 326, 367, 388, 397, 399, 427, 472

5.2. ROUTES - 60, 67, 79, 85, 87, 89, 91, 127, 143, 146, 177, 182, 187, 224, 225, 226, 231, 234, 235, 237, 248, 269, 322, 324, 326, 331, 347, 367, 388, 391, 427, 458, 460, 464, 472

5.3. RÉSIDUS - 220, 275, 328, 367, 388, 397, 399, 472

6. SOURCES DE RENSEIGNEMENTS SUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION POUVANT ÊTRE APPLICABLES À LA RÉGION DU SUD-OUEST DU MACKENZIE (zone 5)

6.1. MORTS-TERRAINS - 71, 83, 94, 103, 105, 109, 114, 119, 122, 123, 127, 130, 132, 134, 141, 166, 168, 171, 199, 224, 225, 226, 227, 229, 231, 233, 234, 235, 237, 242, 244, 246, 248, 249, 250, 251, 255, 261, 267, 269, 271, 279, 286, 305, 313, 322, 324, 326, 329, 335, 338, 340, 344, 354, 367, 369, 373, 375, 383, 388, 394, 397, 399, 401, 403, 405, 414, 417, 420, 424, 427, 437, 439, 448, 449, 464, 472, 477, 482

6.2. ROUTES - 38, 56, 81, 85, 87, 89, 91, 114, 122, 123, 127, 130, 132, 143, 146, 150, 155, 182, 224, 225, 226, 227, 229, 231, 233, 234, 235, 237, 242, 244, 246, 248, 249, 250, 251, 267, 269, 271, 282, 322, 324, 326, 347, 354, 367, 388, 391, 414, 417, 420, 424, 427, 430, 434, 439, 458, 460, 472, 482

6.3. RÉSIDUS - 32, 34, 74, 168, 171, 199, 213, 220, 255, 275, 279, 280, 298, 309, 312, 328, 329, 333, 335, 338, 343, 354, 367, 378, 381, 388, 394, 397, 399, 436, 472, 479

7. SOURCES DE RENSEIGNEMENTS SUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION POUVANT ÊTRE APPLICABLES À LA RÉGION DU YUKON SEPTENTRIONAL (zone 6)

7.1. MORTS-TERRAINS - 127, 272, 322, 324, 326, 362, 367, 388, 427, 472

7.2. ROUTES - 47, 58, 127, 173, 197, 272, 322, 324, 326, 331, 347, 362, 367, 388, 391, 427, 458, 460, 464, 472

7.3. RÉSIDUS - 367, 388, 472

8. SOURCES DE RENSEIGNEMENTS SUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION POUVANT ÊTRE APPLICABLES À LA RÉGION ALPINE (zone 7)

8.1. MORTS-TERRAINS - 1, 26, 30, 40, 54, 103, 105, 109, 115, 119, 120, 121, 127, 134, 137, 148, 152, 153, 166, 168, 171, 187, 190, 272, 284, 290, 293, 296, 300, 301, 303, 315, 344, 353, 357, 362, 367, 369, 385, 388, 427, 432, 439, 477

8.2. ROUTES - 24, 30, 40, 58, 65, 115, 117, 120, 121, 127, 161, 163, 173, 195, 272, 296, 300, 303, 315, 353, 362, 367, 385, 388, 427, 432, 439, 447, 449

8.3. RÉSIDUS - 30, 40, 115, 168, 171, 221, 296, 367, 388

9. SOURCES DE RENSEIGNEMENTS SUR LA RECONSTITUTION DE LA VÉGÉTATION CONVENANT À LA RÉGION DU YUKON MERIDIONAL (zone 8)

9.1. MORTS-TERRAINS - 52, 63, 71, 76, 77, 83, 94, 103, 105, 109, 114, 119, 122, 123, 127, 130, 132, 134, 141, 152, 166, 168, 171, 191, 193, 198, 227, 229, 233, 242, 244, 246, 249, 250, 251, 253, 255, 261, 267, 269, 271, 272, 279, 286, 305, 313, 322, 324, 326, 329, 335, 338, 340, 343, 344, 354, 362, 367, 369, 373, 375, 383, 385, 388, 394, 397, 399, 401, 403, 405, 414, 417, 420, 424, 427, 437, 439, 448, 449, 472, 477, 482

9.2. ROUTES - 38, 47, 52, 56, 114, 122, 123, 127, 130, 132, 139, 150 155, 173, 197, 227, 229, 233, 242, 244, 246, 249, 250, 251, 253, 267, 269, 271, 272, 282, 322, 324, 326, 354, 362, 367, 385, 388, 414, 417, 420, 424, 427, 430, 434, 439, 458, 460, 464, 472, 482

9.3. RÉSIDUS - 16, 32, 34, 74, 164, 168, 171, 199, 213, 220, 255, 275, 279, 280, 298, 309, 312, 328, 329, 333, 335, 338, 354, 367, 378, 381, 388, 394, 397, 399, 436, 472, 479